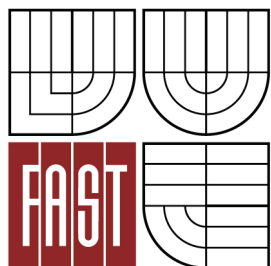




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

# **HODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVEBNĚ STATICKÉHO STAVU OBJEKTU**

EVALUATION OF THE CURRENT BUILDING STRUCTURAL CONDITION OF THE BUILDING

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. VOJTĚCH BÁRTA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. PAVEL SCHMID, Ph.D.**

BRNO 2016



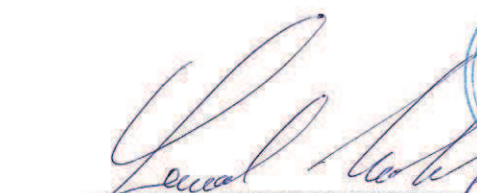
# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav stavebního zkušebnictví


## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Vojtěch Bárta
<b>Název</b>	Hodnocení aktuálního stavebně statického stavu objektu
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

  
prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

### **Podklady a literatura**

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí  
ČSN 73 0038 – Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení  
ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby  
ČSN EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce  
ČSN EN 1995-1 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby  
Schmid, P. a kol. Základy zkušebnictví, FAST VUT v Brně  
Hobst, L. a kol.. Diagnostika stavebních konstrukcí, FAST VUT v Brně  
Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů, FAST VUT v Brně

### **Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)**

Návrh metodiky a realizace diagnostického průzkumu konstrukčních prvků objektu rodinného domu při projektové přípravě investičního záměru - realizace půdní vestavby. Základním cílem průzkumu je hodnocení aktuálního stavebně technického a statického stavu rozhodujících konstrukčních prvků objektu pro návrhy statického zajištění před realizací půdní vestavby.

### **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je hodnocení stavebně technického a statického stavu objektu rodinného domu v Brně Líšni. Součástí je návrh metodiky, realizace a vyhodnocení diagnostických prací. Vybrané konstrukční prvky byly staticky vyhodnoceny a byla navržena možná varianta statického zajištění rekonstrukce a přestavby objektu.

## **Klíčová slova**

Stavební průzkum, diagnostika, konstrukce, zdivo, beton, ocel, dřevo, statický posudek, rekonstrukce

## **Abstract**

The aim of this thesis is to evaluate the building technical and structural condition of the family house in Brno Lisen. The part of the thesis are the plan of methodology, implementation and evaluation of the diagnostic work. Selected components were statically evaluated and the possibly variant of the static ensure of building reconstrucion was designed.

## **Key words**

Building survey, diagnostic, construction, masonry, concrete, steel, wood, static report, reconstruction



### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Vojtěch Bárta *Hodnocení aktuálního stavebně statického stavu objektu.*

Brno, 2016. 83 s., 116 s. příl.

Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví.

Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.



### **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2016

.....  
podpis autora  
Bc. Vojtěch Bárta

## **Poděkování**

Tímto odstavcem děkuji doc. Ing. Pavlu Schmidovi, Ph.D., který mi vyšel za každé situace maximálně vstříc. Také za cenné rady ať už do profesního nebo osobního života.

Děkuji také Ing. Liborovi Švaříčkovi za ochotu, vstřícnost a čas, který mi věnoval při zpracovávání této diplomové práce.

V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu nejen po dobu mého studia ale i celého mého dosavadního života.

Diplomová práce byla vytvořena v rámci řešení projektu č. LO1408 "AdMaS UP - Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie" podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“.

## Obsah

A. TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1. ÚVOD .....	9
2. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM .....	10
3. DIAGNOSTIKA ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ .....	13
3.1 Zdivo z přírodního kamene .....	13
3.2 Smíšené zdivo.....	14
3.3 Zdivo z umělého kamene .....	15
3.1 Problematika starších zděných konstrukcí .....	17
4. ULTRAZVUK .....	19
4.1 Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu .....	21
4.2 Odrazová metoda.....	21
5. SPEKTROMETR.....	23
6. JÁDROVÉ VÝVRTY PRO BETONOVÉ KONSTRUKCE.....	25
6.1 Karbonatace betonu .....	26
6.2 Objemová hmotnost betonu .....	27
6.3 Stanovení pevnosti v tlaku .....	27
7. STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU ZDIVA .....	28
7.1 Pevnost v tlaku zjištěná nedestruktivně .....	30
7.2 Stanovení pevnosti v tlaku malty .....	31
B. PRAKTICKÁ ČÁST.....	33
8. STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA OBJEKTU .....	33
8.1 ÚVOD.....	33
8.2 INŽENÝRSKO - GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY.....	38
8.3 NÁVRH PRŮZKUMU.....	39
8.4 PRŮZKUM.....	40
8.4.1 Základové konstrukce .....	40
8.4.2 Svislé konstrukce .....	43
8.4.3 Vodorovné konstrukce - stropní konstrukce .....	51
8.4.4 Kolejnice v 2.NP .....	54
8.4.5 Opěrná stěna .....	58
8.5 ZÁVĚRY A NÁVRH OPATŘENÍ .....	61



8.5.1	Základové konstrukce.....	61
8.5.2	Svislé konstrukce .....	62
8.5.3	Vodorovné konstrukce - stropní konstrukce .....	63
8.5.4	Kolejnice v 2.NP .....	64
8.5.5	Opěrná stěna .....	64
9.	STATICKÝ VÝPOČET.....	65
10.	ZÁVĚR .....	77
11.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	78
12.	SEZNAM OBRÁZKŮ A FOTOGRAFIÍ .....	82

## A. TEORETICKÁ ČÁST

### 1. ÚVOD

Již od pradávna měl člověk tendenci hledat přístřeší. Pokud jeho domov z jakéhokoli důvodu nevyhovoval jeho představám, docházelo k migracím a k hledání nového prostoru vhodného k životu. Postupně se lidé naučili používat nástroje a různé materiály ke stavbě svých domovů různých forem a velikostí. Umístění jejich sídel bývalo pečlivě vybíráno, proto pokud nastal problém v samotné konstrukci důležitých staveb, snažili se naši předkové opravovat a vylepšovat stávající domy.

Stavebních objektů stále přibývá. Nalezení nového místa, které by po všech stránkách vyhovovalo nárokům uživatele, se však stává čím dál složitější. Proto jsou rekonstrukce, přestavby a nástavby velice aktuální. V dnešní době je mnoho stavebních inženýrů postaveno před úkol prodloužení životnosti stavebních konstrukcí za omezených finančních podmínek. Zde se významnou měrou uplatňuje obor diagnostiky a stavebního zkušebnictví, protože umožňuje získat cenné informace o stavu, ve kterém se stavba nachází. Vliv na konečný postup stavebních prací a na jejich výslednou cenu může mít řádně provedený stavební průzkum neocenitelný.

V této diplomové práci byl předmětem zkoumání rodinný dům v řadové zástavbě před rekonstrukcí a celkovou přestavbou. V rámci změn bude přistavěno další podlaží, prodloužena terasa, která se uloží na stávající opěrnou terénní stěnu z betonu, změna vnitřní dispozice, která se dotkne i nosných stěn v 1.NP. Vnitřní nosná stěna v 2.NP je vynášena dvěma kolejnicemi, stejně tak jako stávající schodiště. Díky uvedené materiálové rozmanitosti se v teoretické části prolínají jak metody zkoušení zděných konstrukcí, tak i betonových a ocelových.

## 2. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

Stavebně technický průzkum, často uváděn jen pod zkratkou STP, je základem pro zhodnocení reálného stavu stavebních konstrukcí, a to zejména statické únosnosti. Průzkum se může týkat celého objektu, či jen některé jeho části. Na základě požadavků objednatele mohou být hodnoceny i další vlastnosti.

Impulzů k STP může být hned několik:

- změna v používání;
- prodloužení návrhové životnosti;
- ověření spolehlivosti;
- degradace konstrukce (např. koroze či únava);
- poškození konstrukce vlivem mimořádných zatížení. [N1]

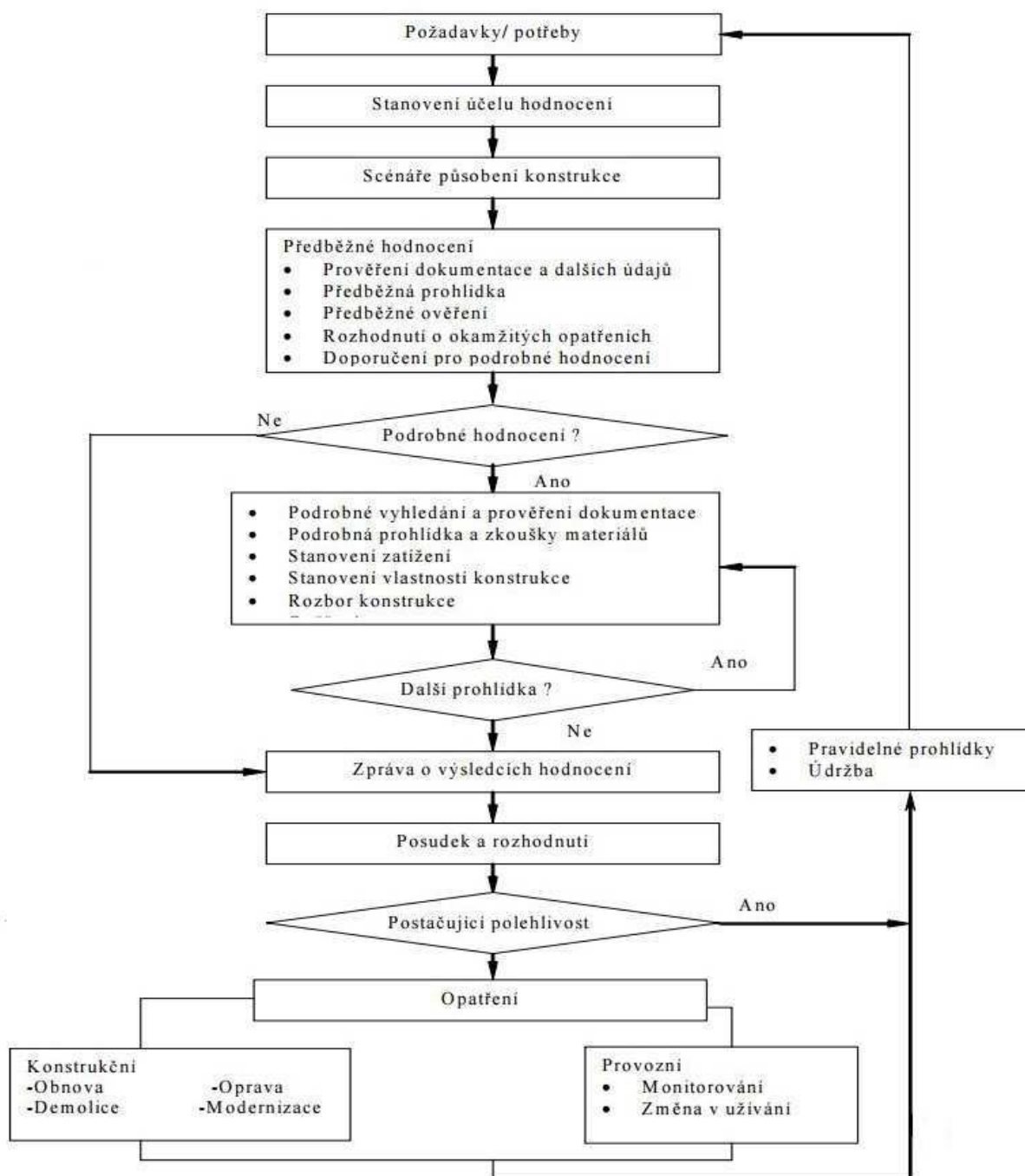
S ohledem na povahu a současný stav posuzovaného objektu se každý STP liší. Vždy je ovšem nutné stanovit účel hodnocení. Závěrem každého hodnocení by měla být zpráva vhodného rozsahu:

- předběžné hodnocení, tvořeno pro potřeby zadávací studie;
- podrobné hodnocení, pro statické výpočty a projektovou dokumentaci;
- doplňující a speciální hodnocení, pro doplnění podrobného STP. [N1]

Přesný postup hodnocení uvádí norma ČSN ISO 13822, 73 0038 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí, která vešla v platnost v srpnu roku 2005. Lze použít jak pro jednotlivé konstrukce, tak i pro skupiny konstrukcí.

- a) Stanovení účelu hodnocení.
- b) Scénáře.
- c) Předběžné hodnocení:
  - i) studium dokumentace a dalších údajů;
  - ii) předběžná prohlídka;
  - iii) předběžné ověření;
  - iv) rozhodnutí o okamžitých opatřeních;

- v) doporučení pro podrobné hodnocení.
- d) Podrobné hodnocení:
  - i) podrobné vyhledání a prověření dokumentace;
  - ii) podrobná prohlídka a zkoušky materiálů;
  - iii) stanovení zatížení;
  - iv) stanovení vlastností konstrukce;
  - v) analýza konstrukce;
  - vi) ověření.
- e) Výsledky hodnocení:
  - i) zpráva;
  - ii) koncepční návrh konstrukčních opatření;
  - iii) řízení rizik.
- f) V případě potřeby se postup opakuje. [N1]



Obr. 1 - Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí

### 3. DIAGNOSTIKA ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Zdivo je seskupení zdicích prvků uložených podle stanoveného uspořádání, obvykle spojených maltou. Velice důležitá je zde vazba zdiva (viz obr. 6). Pokud není vazba provedena správně, nebo není dodržen technologický postup výstavby, ani sebelepší zdící prvek to již nenapraví. Uspořádání cihel by mělo být pravidelné, je-li k výstavbě použito cihel nebo jiných tvarovek, co nejvíce by se měly používat celé prvky, jen výjimečně půlky, čtvrtky nebo pásy. Je tedy důležité již při navrhování půdorysné kompozice konstrukce počítat s rozměry prvku, který v konstrukci budeme používat.

Dle materiálu můžeme zdivo rozdělit na zdivo z přírodního kamene, z umělého kamene a na zdivo smíšené. Pro názornost můžeme uvést několik příkladů zdiva různého materiálu.

#### 3.1 Zdivo z přírodního kamene

Přírodní kámen je velmi estetický materiál odolný vůči povětrnostním vlivům, se kterým se ve stavebnictví pracuje od pradávna. I dnes se tento materiál těší velké oblibě díky pomalu se vracející módě přírodních a ekologických staveb. Při používání tohoto materiálu musíme mít na paměti jeho nevýhody jako je nízká schopnost tepelné izolace, nepravidelný tvar spojený s poměrně nákladným opracováním nebo s vysokou spotřebou spojovacího materiálu. Je tedy vhodné využít pozitivních vlastností a negativní eliminovat například použitím přírodního kamene při stavbě terasových zdí, podezdívek a plotových konstrukcí. Nejširší uplatnění ale zřejmě najdeme u obkladů a dlažeb.

V nedávné historii, kdy vznikla převážná část staveb na našem venkově, se používal především kámen, který byl nejbližší stavbě. Čili jen zřídka lomový ostrohranný kámen, ale spíše sbíraný a posléze kladený na plocho. Z hlediska opracovatelnosti se volil nejčastěji pískovec či opuka.

Dle typu kamene a uspořádání rozlišujeme:

##### a) Zdivo z lomového kamene

- neopracovaný přírodní kámen o velikosti strany okolo 20 cm; nosné stěny na plně promaltované spáry šířky 15 až 40 mm.

**b) Kopákové neboli řádkové zdivo**

- opracované kameny tvaru přibližného obdélníku, kladeny na vazbu jak vodorovně tak svisle.

**c) Kvádrové zdivo**

- kameny opracované do přesných rozměrů kladené na co nejmenší spáry; využíváné v místech vyžadujících větší přesnost zdění.

**d) Kyklopské zdivo**

- tvořeno kameny opracovanými do pěti až osmiúhelníků zděných na maltu o šířce spáry 20 až 30 mm. [7]



Obr. 2 - Zdivo z lomového kamene.



Obr. 3 - Kopákové (řádkové) zdivo



Obr. 4 - Zdivo z kvádrového kamene



Obr. 5 - Kyklopské zdivo

### 3.2 Smíšené zdivo

Jak již sám název napovídá smíšené zdivo je tvořeno z více než jednoho materiálu skládaného buď na sucho, nebo na maltu. Může jít o kombinaci kamene a cihel, kde se většinou využívá kamene jako nosného jádra prvku, kamene a betonu, v takové konstrukci plní kámen čistě estetickou funkci, nebo cihly a betonu. Poslední jmenovaná kombinace se využívá hlavně u opěrných zdí nebo plotů, a to v provedení, kdy zdivo tvoří ztracené bednění.

### 3.3 Zdivo z umělého kamene

Historie zděných konstrukcí z umělého kamene sahá do dávné minulosti, kdy se nejdříve používaly nepálené cihly. Zhruba 3500 let př. n. l. se začaly cihly vypalovat a později také galvanizovat. Na konci 18. století se postupně sjednotily také rozměry klasické pálené cihly, které se po zavedení metrického systému ustálily na rozměrech 290 x 140 x 65 mm.

Jeden z největších přínosů zavedení cihel do stavebnictví je úspora času a tím i nákladů na výstavbu. Sjednocením tvaru a rozměrů se velice zjednodušuje práce samotným zedníkům. Z dnešního pohledu je stavba z pálených cihel neekonomická, pracná a nemá potřebné tepelně izolační vlastnosti. Dnes se stejně jako kámen klasická cihla používá jako estetický prvek. V některých případech může být pro investora ekonomicky výhodné opětovně používat cihly, které zbyly po demolici starší konstrukce.

Na dnešním trhu existuje nepřeberné množství druhů cihlářských výrobků. Ať již jde o klasické cihly, cihelné bloky nebo tvárnice z různých materiálů (betonové, pórobetonové, plynosilikátové, skleněné, tvárnice z expandovaného jílu, třískocementové, skleněné a tak dále).



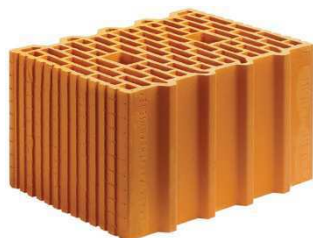
Obr. 6 - Pálená cihla



Obr. 8 - Pórobetonová tvárnice



Obr. 7 - Betonová tvárnice



Obr. 9 - Cihelný blok



Obr. 10 - Skleněná tvárnice



Obr. 11 - Tvárnice z expandovaného jílu



Z hlediska pevnosti cihlářských výrobků se v druhé polovině 19. století začaly používat názvy pro různé pevnostní třídy. Například jako kabřince, také zvonivky nebo klinkrovky byly označovány cihly s nejvyšší pevností, to znamená vyšší než 30 MPa.

Dnes v případě potřeby provádíme zkoušky zdiva jak na stávající konstrukci, tak v laboratoři z odebraných vzorků. Pro názornost můžeme tyto zkoušky rozdělit do několika bodů:

**a) Zkoušky na stávající konstrukci nebo na malých vzorcích stěn.**

- zkouška lokální napjatosti plochými lisy

**b) Zkoušky malt.**

- chemický rozbor
- destruktivní zkoušky (odebírání vzorků)
- nedestruktivní a semidestruktivní zkoušky

**c) Zkoušky zdících prvků.**

- destruktivní zkoušky (odběr celých prvků z konstrukce)
- nedestruktivní zkoušky (tvrdoměrné, například Schmidt LB, Waitzmann atd.)

**d) Zkoušky částí zdících prvků.**

- odebrání jádrových vývrtů

**e) Průzkum vlastností ovlivňujících únosnost zdiva.**

- vazba, vlhkost, poruchy, degradace atd.

### 3.1 Problematika starších zděných konstrukcí

#### a) Materiálová charakteristika zdiva

Cihly různé výroby mají různé vlastnosti, v konstrukcích můžeme najít jak pálené, tak nepálené cihly. Stejně tak jejich pevnost v tlaku, nasákavost a další vlastnosti se mohou značně lišit.

#### b) Složení zdiva

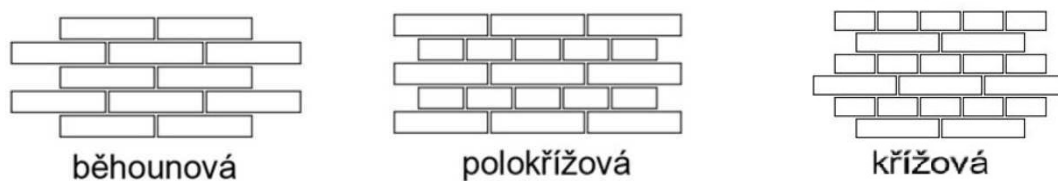
Zvláště u masivních staveb může být cihelné zdivo s viditelnou vazbou provedeno pouze v povrchové části. Uvnitř konstrukce pak může být zdivo smíšené - a to jak s kamenem, se zbytky cihel nebo s další stavební sutí.

#### c) Stavební zásahy z minulosti

Změny staveb jako jsou zřízení nebo zrušení otvorů jsou velice běžné. Je tedy velmi pravděpodobné, že zejména starší konstrukce prošly během své životnosti řadou změn, o kterých je třeba vědět.

#### d) Vazba zdiva

V případě neprovázání jednotlivých vrstev může dojít ke špatnému přenosu zatížení.



Obr. 12 - Vazba zdiva (běhounová, polokřížová a křížová)

#### e) Nedostatečná prostorová tuhost zdiva

Pokud není zkoumaná zděná konstrukce dodatečně zajištěna například ocelovými táhly, nemůžeme počítat se zajištěním zdiva ve vodorovném směru.

**f) Vlhkost zdiva**

Vlhkost zdiva má špatný vliv nejen na snížení tepelně-izolačních schopností, ale také se podílí na snížení únosnosti a urychlení degradačních procesů.

**g) Trvanlivost zdiva**

Zde hraje hlavní roli střídavé zmrazování a rozmrazování společně s vlivem solí a následným porušením struktury cihel krystalizačními tlaky.

**h) Změny v užívání, nebo zatížení konstrukce**

Změny užívání konstrukce jsou provázány se stavebními zásahy z minulosti. Stejně tak změna zatížení závisí na využívání objektu a změnami v dispozici stavby.

**i) Poruchy, především trhliny ve zdivu**

Při objevení poruchy ve zdivu je dobré zjistit příčinu vzniku, k tomu nám poslouží studium vlivů na konstrukci, a také monitoring trhlin. Důležitý je také směr trhliny a její vztah k uspořádání cihelných prvků ve zdivu. [2]

## 4. ULTRAZVUK

Ultrazvuková metoda je jedna z elektrodynamických metod založená na fyzikálním principu zkoušení. Její hlavní výhodou je nedestruktivní zjištění nehomogenit a poruch ve zkoumaném materiálu. Ve stavebnictví se používá především ke zkoumání oceli a betonu.

Zkušebními postupy se zabývá ČSN 73 2011: ČSN 73 1371 Ultrazvuk a ČSN EN 13791: ČSN EN 12504 - 4 - Ultrazvuk.

Ultrazvuk obecně je mechanické vlnění, které má vyšší frekvenci šíření, než je lidské ucho schopné zachytit. Hranice slyšitelnosti je zhruba 20kHz (za ultrazvuk považujeme vlnění o frekvenci 20 kHz až 100 MHz). Ultrazvuk se využívá i v jiných oborech než je stavební zkušebnictví, například v lékařství, k echolokaci, k desinfekci tekutin nebo k čištění různých materiálů.

Ve stavebním zkušebnictví se využívá opakovaného generování a přijímání mechanických impulsů o frekvenci v rozsahu 20 kHz až 150 kHz (výjimečně 500 kHz). Tyto impulsy vyvolají v materiálu změnu polohy částic. Z původní rovnovážné polohy se částice posouvají do mezní polohy, odkud jsou vlivem pružnosti prostředí přitahovány přes rovnovážnou polohu k opačné mezní poloze. Takto částice kmitá, dokud nenastane úplný útlum. Kmitavý pohyb se postupně přenáší mezi sousedními částicemi a vzniká takzvaná tlaková vlna, při které dochází ke zhuštění a následnému zředění částic.

Velikou výhodou této metody je, že zkoušet můžeme jak malé vzorky v laboratoři, tak větší prvky nebo přímo celé konstrukce in situ. Ultrazvuková impulsní metoda je zcela nedestruktivní se snadným prováděním. Naopak její nevýhody spočívají v obtížné interpretaci výsledků ve složitějších případech a v citlivosti přístroje na řadu vnějších vlivů. Touto metodou můžeme odhalit poruchy, defekty a trhliny, sledovat nárůst pevností betonu - tj. sledovat zrání materiálu, zkoumat stejnorodost konstrukce nebo určit dynamické moduly pružnosti.

Norma ČSN EN 12504 - 4:2005 uvádí doporučení kmitočtu pro různé měřicí základny:

- Základny do 50 mm se měří vysokým kmitočtem od 60 kHz až do 200 kHz.
- Pro dlouhé měřicí základny až do 15m je vhodné používat sondy s nižším pracovním kmitočtem od 10 kHz do 40 kHz.

Z tohoto vyplývá, že pro většinu případů je vyhovující pracovní kmitočet od 40 kHz do 60 kHz. Použitelnost jednotlivých sond je také ovlivněna faktory, jako je podstata zkoumaného problému, druh materiálu nebo výkon přístroje. [1]

Výrobců ultrazvuků pro diagnostické metody ve stavebnictví je více. Můžeme uvést firmu Proceq ze Švýcarska nebo Olympus NDT.



Obr. 13 - Ultrazvuk Sonic 1200M, Olympus NDT



Obr. 14 - Ultrazvuk TICO, Proceq

Samotné prozvučování zkoumané konstrukce se odvíjí od počtu sond, dostupnosti konstrukce a zkoumané vlastnosti, kterou zjišťujeme.

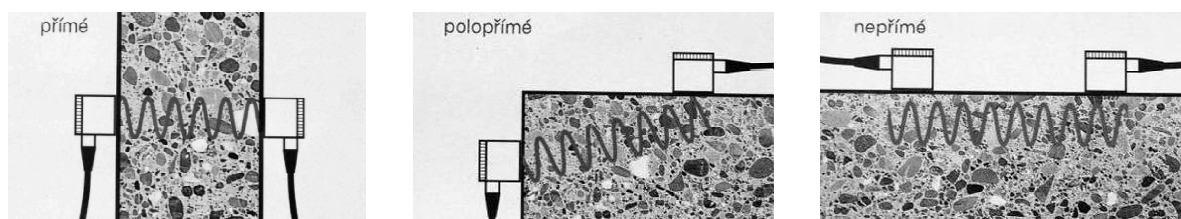
Vyšetřování vlastností konstrukce může být v zásadě provedeno dvěma způsoby. Fyzikálně-mechanické vlastnosti materiálu nejlépe určíme stanovením rychlosti šíření ultrazvukového impulsu zkoumaným prostředím. Nehomogenita, defekt, či cizí těleso se lépe zachytí metodou odrazovou.

## 4.1 Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu

Postup měření:

- Vytyčení měřicí základny (délka  $L$ )
- Nanesení akustického vazebného prostředku (gel, plastelína atd.)
- Kalibrace přístroje na kalibračním vzorku (etalonu), porovnání času  $t_E$  daného výrobcem a reálného změřeného výsledku  $t_{ME}$ .
- Výpočet mrtvého času  $t_{KOR} = t_{ME} - t_E$
- Měření doby průchodu ultrazvukových impulsů materiálem (čas  $t_L$ )
- Výpočet korigované doby průchodu  $t_i = t_L - t_{KOR}$  [3]

V závislosti postavení sond rozlišujeme přímé (protilehlé - normální) prozvučování, kdy jsou sondy na protilehlé straně konstrukce. Pokud sondy nestojí přímo naproti sobě, jedná se o polopřímé (boční normální a šikmé) prozvučování, stejně tak sondy přiložené na přilehlých stranách. Na stejné straně se jedná o prozvučování nepřímé (povrchové), které je ovšem nevýhodné z důvodu vnějších vlivů, které velkou měrou ovlivňují výsledky měření (Obr. 4). Dle příslušných kalibračních vztahů pak odvozujeme jednotlivé fyzikálně-mechanické vlastnosti. Přítomnost defektu či nehomogenity se pak může projevit prodloužením času průchodu, protože vlnění musí toto místo obejít. [1]



Obr. 15 - Prozvučování dvěma sondami (přímé, polopřímé a nepřímé)

## 4.2 Odrazová metoda

Pomocí odrazu ultrazvukového impulsu můžeme za přístupu pouze z jedné strany konstrukce odhalit defekty, nehomogenity nebo případně cizorodá tělesa po celé výšce průřezu. Nabízejí se dva způsoby měření. S jednou sondou, která slouží zároveň jako vysílač i přijímač a se dvěma sondami kdy první funguje jako vysílač a druhá jako přijímač signálu, která převádí dopadající mechanické vlnění na jeho elektrický obraz. Verze s jednou sondou je jednodušší

na manipulaci a hodí se ke zkoumání spíše masivních konstrukcí. Metoda s použitím jedné sondy jako budiče a druhé jako snímače je náročnější na provádění, nicméně umožňuje snadné vyhodnocení výsledků i pro tenké konstrukce. [1]

Šíření vlnění jsou vázány na ty fyzikálně mechanické vlastnosti, jimiž lze vyjádřit závislost mezi napjatostí a deformací materiálu:

- a) Moduly pružnosti v tahu a tlaku  $E_{dyn}$  a smyku  $G_{dyn}$

Například u betonu se dynamický modul pružnosti v tahu/tlaku  $E_{dyn}$  určí z fyzikálního vztahu:

$$E_{dyn} = \frac{\rho v_L^2}{k^2 10^{-6}} \quad [\text{MPa}]$$

- kde  $v_L$  - impulzová rychlost podélného UZ vlnění,  $[\text{m.s}^{-1}]$   
 $\rho$  - objemová hmotnost betonu,  $[\text{kg.m}^{-3}]$   
 $k$  - součinitel rozměrnosti prostředí (hodnoty  $k_1, k_2, k_3$ ). [5]

- b) Poissonův součinitel  $\nu_{dyn}$   
c) Útlumové charakteristiky  
d) Pevnost v tahu a tlaku (problematické určení [3])

## 5. SPEKTROMETR

Obecně je spektrometr druh vědeckého přístroje, který umožňuje na bázi odražené vlnové délky záření a jeho absorpci určit prvkové chemické složení zkoumané látky. Kromě chemické analýzy se dá spektrometr využít i pro měření závislostí optických vlastností materiálu. Často se těchto přístrojů také využívá při kosmickém průzkumu, při výrobě nových materiálů, při hodnocení životního prostředí, kde je velmi důležitá detekce stopových prvků. Detekce stopového množství látky je umožněna širokým rozsahem měřených koncentrací, který se pohybuje v rozmezí 0,0001% - 100%. V závislosti na citlivosti detektoru rentgenového spektrometru je rozsah analyzovaných prvků. Analyzátoři s velmi citlivým detektorem jsou schopni rozpoznat prvky atomového čísla 12 (Mg - hořčík) a těžší (viz obr. 16). Detektory s menší citlivostí se pak využívají zvláště při analýze těžkých kovů.

protonové číslo — 24 — značka prvku —  
český název — CHROM — relativní atomová hmotnost —  
elektronegativita — 1.6

Skupina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	I. A.	II. A.	III. B.	IV. B.	V. B.	VI. B.	VII. B.	VIII. B.			I. B.	II. B.	III. A.	IV. A.	V. A.	VI. A.	VII. A.	VIII. A.
1	1 H HYDROGEN 1,0079 2,1																	2 He HELIUM 4,0026
2	3 Li LITHIUM 6,941 1,0	4 Be BERYLIIUM 9,01218 1,5											5 B BOR 10,81 2,0	6 C UHLÍK 12,011 2,5	7 N DUSÍK 14,0067 3,0	8 O KYSLIK 15,9994 3,5	9 F FLUOR 18,9984 4,0	10 Ne NEON 20,1797
3	11 Na SODÍK 22,98977 0,9	12 Mg HOŘČÍK 24,305 1,2											13 Al HLINÍK 26,98154 1,5	14 Si KREMIK 28,0855 1,8	15 P FOSFOR 30,97376 2,1	16 S SIŘA 32,06 2,5	17 Cl CHLÓR 35,453 3,0	18 Ar ARGON 39,948
4	19 K DRAKLIK 39,0983 0,8	20 Ca VÁPÍK 40,08 1,0	21 Sc SKANDIUM 44,9559 1,3	22 Ti TITAN 47,88 1,5	23 V VANAD 50,9414 1,6	24 Cr CHROM 51,996 1,6	25 Mn MANGAN 54,938 1,5	26 Fe ŽELEZO 55,847 1,8	27 Co KOBALT 58,9332 1,8	28 Ni NIKEL 58,69 1,9	29 Cu MĚD 63,546 1,9	30 Zn ZINEK 65,38 1,6	31 Ga GALIEUM 69,72 1,6	32 Ge GERMANIUM 72,59 2,0	33 As ARSEN 74,9216 2,0	34 Se SELEN 78,96 2,4	35 Br BROM 79,904 2,8	36 Kr KRYPTIT 83,80
5	37 Rb RUBIDIUM 85,4678 0,8	38 Sr STRONTIUM 87,62 1,0	39 Y YTRIIUM 88,9059 1,3	40 Zr ZIRKONIUM 91,224 1,4	41 Nb NIOB 92,90638 1,6	42 Mo MOLYBDEN 95,94 1,8	43 Tc TECHNETIUM 98 1,9	44 Ru RUTHENIUM 101,07 2,2	45 Rh RHODIUM 102,9055 2,2	46 Pd PALADIUM 106,42 2,2	47 Ag STŘEBRO 107,868 1,9	48 Cd KADMIUM 112,41 1,7	49 In INDIUM 114,82 1,7	50 Sn CIN 118,69 1,8	51 Sb ANTIMON 121,75 2,1	52 Te TELUR 127,60 2,1	53 I JÓD 126,9045 2,5	54 Xe XENON 131,29
6	55 Cs CEZIJUM 132,9054 0,7	56 Ba BARIUM 137,33 0,9	57 La LANTAN 138,9055 1,1	72 Hf HAFNIUM 178,49 1,3	73 Ta TANGSTEN 180,9479 1,5	74 W VOLFRAM 183,85 1,7	75 Re RHENIUM 186,207 1,7	76 Os OSMIUM 190,23 2,2	77 Ir IRIDIUM 192,22 2,2	78 Pt PLATINA 195,08 2,2	79 Au ZLAUD 196,9665 2,4	80 Hg RTUť 200,59 1,9	81 Tl THALLIUM 204,383 1,8	82 Pb OLOVO 207,2 1,8	83 Bi BISMUT 208,9804 1,9	84 Po POLONIUM (209) 2,0	85 At ASTAT (210) 2,2	86 Rn RADON (222)
7	87 Fr FRANCIUM (223)	88 Ra RADIUM 226,0254 0,9	89 Ac AKTINIUM 227,0278 1,1	104 Unq RUTHERFORDIUM (261)	105 Unp DUBNIUM (262)	106 Unh SEABORGIUM (263)	107 Uns BOHRIJUM (264)	108 Uno HASMIUM (265)	109 Uue MÉTNEZIUM (266)	110 Uun UNUNILIUM (269)	111 Uuh UNUNNIUM (272)							
	58 Ce CEZIJUM 140,12 1,1	59 Pr PRASEODYMIUM 140,9077 1,1	60 Nd NEODYMIUM 144,24 1,2	61 Pm PROMETIUM (145)	62 Sm SAMARIUM 150,36 1,2	63 Eu EUROPIUM 151,96 1,1	64 Gd GADOLINIUM 157,25 1,1	65 Tb TERBIUM 158,9254 1,2	66 Dy DYSPROBIUM 162,50 1,2	67 Ho HOLMIUM 164,9304 1,2	68 Er ERBIIUM 167,26 1,2	69 Tm TERMIUM 168,9342 1,2	70 Yb YTERBIUM 173,04 1,1	71 Lu LUTECIUM 174,967 1,2				
	90 Th THORIUM 232,0377 1,3	91 Pa PROAKTINIUM 231,0369 1,5	92 U URAN 238,0289 1,7	93 Np NEPTUNIUM 237,0482 1,3	94 Pu PLUTONIUM 244 1,3	95 Am AMERIČIUM 243 1,3	96 Cm CURIUM 247 1,3	97 Bk BERKELEIUM (247)	98 Cf KALIFORNIUM (251)	99 Es EINSTEINIUM (254)	100 Fm FERMIUM (257)	101 Md MENDELEVIUM (258)	102 No NOBELIUM (259)	103 Lr LAWRENCIUM (260)				

nekovy       polokovy  
 kovy      ☢ radioaktivní prvky

Obr. 16 - Periodická soustava prvků

V oboru stavebního zkušebnictví je tato metoda zkoušení ve svých počátcích. RTG spektrometr se ve stavebnictví využívá především k určování chemického složení kovových i nekovových prvků, k okamžitému ověření jakosti a norem materiálů se zohledněním



stopových prvků, ke kontrole a zajištění kvality výrobků a v neposlední řadě k zamezení záměně materiálů.

Přesné určení prvkového chemického složení materiálu je založeno na faktu, že každá látka má jiné absorpční či emisní spektrum. Atom nebo molekula mohou záření pohltit (absorpce), nebo může naopak uvolnit energii ve formě záření (emise). Třetí možnost je, že látka záření pohltí a po určitém čase jej začne opět emitovat (fluorescence a fosforescence). Dle vlnové délky a spojitosti spektra se pak přesně určí, o jaký prvek se jedná.

Typ použitého záření, čili použité vlnové délky je různý. Od záření gama s nejvyšší energií a nejkratší vlnovou délkou, které dokáže vyvolat rozpady atomových jader až po rádiové vlny, které svým dopadem ovlivní jen orientaci jaderného spinu a účinek na molekulu je téměř nulový.

Ve stavební diagnostice se využívá zejména spektrometrů, které pracují na principu energiově disperzní X-ray fluorescenci (zkráceně ED-XRF). Existují přístroje ruční (Obr. 18), stolní (Obr. 17) a laboratorní. Liší se jak rozsahem analyzovaných prvků, tak citlivostí a možnostmi kalibrací. Metoda je nedestruktivní a nevyžaduje žádnou nebo jen velice malou přípravu vzorků. [4]



Obr. 18 - Ruční spektrometr DELTA, BAS Rudice s.r.o.



Obr. 17 - Stolní spektrometr NEX QC +, RIGAKU

## 6. JÁDROVÉ VÝVRTY PRO BETONOVÉ KONSTRUKCE

Jádrové vývrtý patří k semidestruktivním zkouškám, i když představují značný zásah do konstrukce. Technologický postup a správnou interpretaci výsledků uvádí norma ČSN EN 12504 - 1 a norma ČSN ISO 13 822.

K odběru jádrových vývrtů se používá jádrového vrtacího stroje (Obr. 19), který využívá vrtací korunky (Obr. 20) v podobě dutého válce s diamantovými břitzy (nebo tvrdokovovými). Na betonové a zděné konstrukce se používají průměry - 25, 50, 100, 150 mm a případně mezilehlé průměry. Vrtačka se uchycuje do stojanu, který umožňuje vrtat nejen svisle, ale i vodorovně a šikmo. Kvůli velkému namáhání břitů je zavedeno vodní ochlazování.



Obr. 20 - Jádrový vrtací stroj, Hilti



Obr. 19 - Diamantové jádrové vrtací korunky

Z pravidla se místo vrtání volí v dostatečné vzdálenosti od hran nebo spár konstrukce, v místě největšího tlakového namáhání, a pokud možno mimo výztuž. Hloubka vývrtu se odvíjí od tloušťky konstrukce a od účelu požadované zkoušky. Po opatrném vylomení jádrového vývrtu se označí typ prvku, umístění v konstrukci a orientace. Počet vývrtů je závislý na velikosti a členitosti zkoumané konstrukce. Následně bývá v praxi doplněn tvrdoměrnými zkouškami odrazovými tvrdoměry Schmidt pro doplnění informací o pevnosti v tlaku. Průměr vývrtů je kompromisem mezi minimálním zásahem do konstrukce a co nejlepším posouzením struktury betonu. Pokud velikost největšího zrna kameniva přesahuje 1/3 průměru vývrtu, je zjištěná pevnost v tlaku/tahu značně ovlivněna. Dle technických podmínek pro sanace betonových konstrukcí II (TP SSBK II) by se pevnost v tlaku pro předběžný průzkum měla zjišťovat z minimálně 3 vývrtů o  $\varnothing$  100mm a podpořit 16 nedestruktivními zkouškami.

Po vyjmutí vývrtu z konstrukce se hodnotí kamenivo. Například zda je kamenivo těžené nebo drcené, stejnoměrnost rozložení materiálu po výšce vývrtu, přibližné složení frakcí a největší velikost zrna na povrchu vzorku. Dále hodnotíme zhutnění betonu, případnou polohu a množství výztuže a karbonataci betonu.



Obr. 21 - Jádrový vývrt

### 6.1 Karbonatace betonu

Karbonatace betonu je chemický proces způsobený reakcí oxidu uhličitého se složkami cementového tmelu v betonu. Tím dochází k postupnému snižování pH až na hodnotu 8,3 (hodnota pH je v nezkarbonatovaném betonu vyšší než 12), pokud povrchová vrstva betonu s nízkou hodnotou pH postoupí až k místu s výztuží, dojde k porušení ochranné vrstvy (k takzvané depasivaci) výztuže, která pak začíná za přítomnosti kyslíku a vlhkosti korodovat. Kontrola karbonatace se provádí nanesením jednaprocentního roztoku fenolftaleinu, kde beton, který není napaden karbonatací (pH nad 9,5) se zbarví do růžova. [6]



Obr. 22 - Karbonatace betonu

## 6.2 Objemová hmotnost betonu

Objemová hmotnost představuje poměr hmotnosti tělesa ku celkovému objemu tělesa včetně pórů, mezer a dutin. Běžně se tedy vypočítá z hmotnosti tělesa a vnějších rozměrů. Objemová hmotnost betonu se stanoví jako aritmetický průměr všech zjištěných objemových hmotností na konstrukci. Nejčastěji se určuje v laboratoři z odebraných jádrových vývrtů. Můžeme použít i nedestruktivní zkoušky jako je radiometrie nebo ultrazvuk.

## 6.3 Stanovení pevnosti v tlaku

Pro stanovení pevnosti v tlaku betonu máme k dispozici tyto nástroje:

- Jádrový vývrt
- Schmidtův tvrdoměr
- Ultrazvuková impulzová metoda

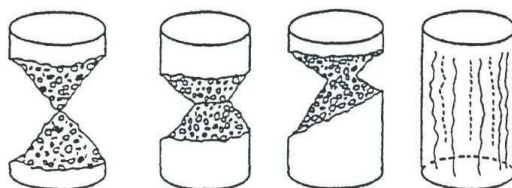
Jádrový vývrt se v laboratoři upraví tak, aby obě tlačené plochy byly navzájem rovnoběžné a kolmé ke stěně válce. Výška a průměr válce by měly být v poměru 1:1 až 2:1. Plynulým zatěžováním o konstantní rychlosti ve zkušebním lisu se docílí porušení vzorku. Proveďte se posouzení způsobu zatížení dle porušení. Následně se vypočte pevnost v tlaku dle vzorce:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad [\text{MPa}]$$

kde:  $F$  - maximální zatížení při porušení [N]

$A_c$  - průřezová plocha zkušebního tělesa, na kterou působí zatížení [ $\text{mm}^2$ ]

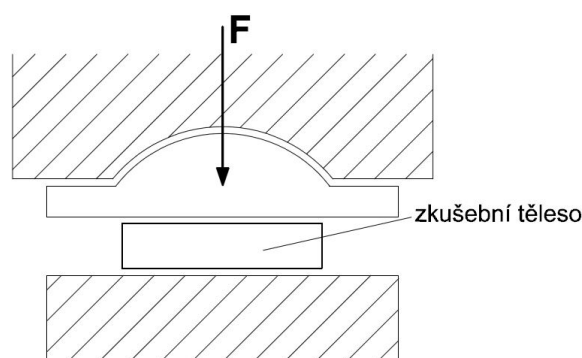
Výsledek se zaokrouhlí na nejbližší 0,1 MPa. [N2]



Obr. 23 - Vyhovující způsoby porušení

## 7. STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU ZDIVA

Jak již bylo napsáno dříve v tomto textu, zdivo je seskupení zdicích prvků uložených do předem stanoveného schématu a obvykle spojených maltou. Metod pro stanovení pevnosti v tlaku je několik. Norma ČSN 73 0038 jako primární uvádí zkoušení na vzorcích odebraných z existujících konstrukcí. Dále je možné pevnost v tlaku zjistit vhodnou nedestruktivní metodou po odkrytí povrchu zdiva, například tvrdoměrné metody odrazovými kladívky za použití vhodných kalibračních vztahů (modifikace stejné metody pro betonové konstrukce).



Obr. 24 - Pevnost v tlaku celé cihly

Norma ČSN 72 2605 se zmiňuje o zkoušení celého výrobku (viz obrázek 24) nebo dvou zlomků po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Pevnost v tlaku zdicích prvků se určuje jako průměrná pevnost v tlaku stanoveného počtu vzorků celých zdicích prvků, kde minimální počet vzorků je šest. Podle velikosti zkoumané konstrukce je třeba tento počet upravit.

Před každou zkouškou se změří rozměry s přesností  $\pm 1$  mm. Tlačné plochy musí být rovinné a vzájemně rovnoběžné. Takto upravená zkušební tělesa vložíme dostředně na dolní tlačnou desku lisu a opatrně zatížíme tak, aby horní tlačná deska dosedla na celou plochu vzorku. Poté plynule zvyšujeme zatížení až do porušení vzorku (viz obrázek 24).

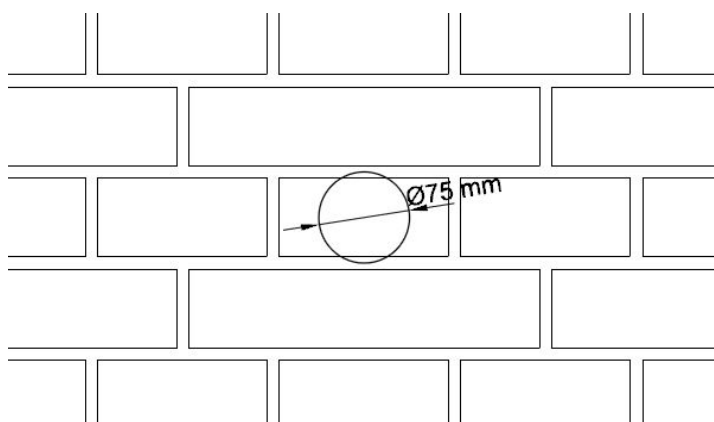
Při zkoušení reprezentativních částí zdicích prvků je třeba odebírat tělesa z různých částí prvků pro co možná nejvýstižnější zachycení pevnosti v celém prvku. Normalizované zkušební těleso má tvar krychle o délce hrany 100 mm. Je možné stanovit pevnost v tlaku i na vzorcích jiných rozměrů, pak je ovšem nutné zahrnout do výpočtu součinitel vlivu výšky a šířky zdicích prvků  $\delta$  podle tabulky na obrázku 25.

Výška zdícího prvku (mm)	Nejmenší vodorovný rozměr zdícího prvku (mm)				
	50	100	150	200	250 nebo větší
50	0,85	0,75	0,70	0,70	-
65	0,95	0,85	0,75	0,75	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,90	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,10	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,25	1,10
250 nebo větší	1,55	1,45	1,35	1,35	1,15

Poznámka: Lineární interpolace je povolena.

Obr. 25 - Součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků  $\delta$

Na základě dlouholetých zkušeností pracovníků ústavu stavebního zkušebnictví VUT v Brně se osvědčilo odebírat reprezentativní vzorky jádrovým vývrtem o vnitřním průměru 75 mm do vazáku na celou délku cihly (viz obrázek 26). Z takto vyrobeného tělesa je možné vyrobit několik krychliček o hraně 50 mm. Při současném zjišťování pevnosti v tahu za ohybu jsou to čtyři krychle, bez zlomení tělesa je možné zkoušet až pět krychliček z jednoho vývrtu (o délce až 290mm), což je ideální pro požadavek odebírání vzorků z různých částí zdícího prvku.



Obr. 26 - Odběr vzorku zdiva o průměru 75 mm jádrovým vrtáním

Výpočet pevnosti v tlaku:

$$\sigma_{pd} = \frac{F}{A} = \frac{F_1 + F_2}{A}$$

kde:  $F$  - nejvyšší zatížení při porušení celého vzorku [N]

$F_1, F_2$  - nejvyšší zatížení při porušení každého ze zlomků [N]

$A$  - tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů původního vzorku [mm<sup>2</sup>]

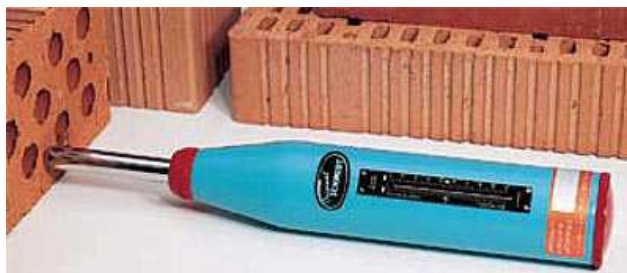
## 7.1 Pevnost v tlaku zjištěná nedestruktivně

Úpravou tvrdoměru Schmidt L na beton se na pracovišti ústavu stavebního zkušebnictví v Brně dospělo ke kladívku pro zkoušení cihel, které bylo označeno jako Schmidt typu LB. Tento typ má výrazně menší poloměr kulové plochy na konci razníku. Pro úspěšné používání této pomůcky musely být vytvořeny i nové kalibrační vztahy.

Nedestruktivní a jednoduché zjištění tvrdosti cihel má svou slabou stránku v nutnosti upřesnit korelační vztah mezi tvrdostí stanovenou tvrdoměrem a pevností v tlaku na vzorcích odejmutých z konstrukce. To z této metody dělá metodu upřesňující a doplňkovou, navíc při zkoušení různě tvarovaných a děrovaných cihelných výrobků je výsledek významně ovlivněn. Je tedy vhodné touto metodou doplňovat zkoušky na odebraných vzorcích z konstrukce tvořené cihlami plnými pálenými.



Obr. 27 - Schmidtovo kladívko Proceq typ L



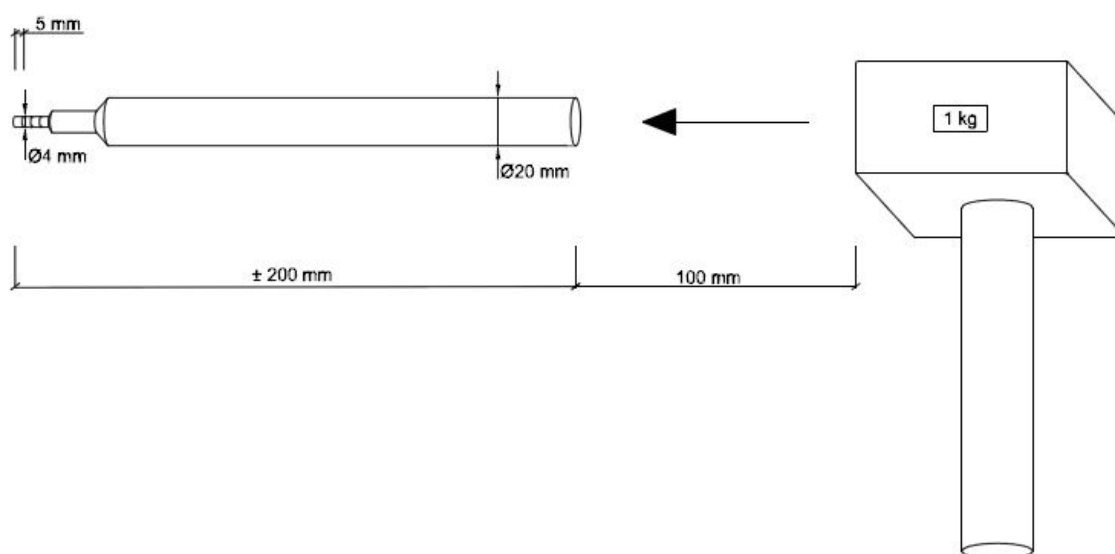
Obr. 28 - Schmidtovo kladívko Proceq typ LB

Další známou metodou nedestruktivního zjišťování pevnosti v tlaku cihel je metoda Waitzmannova tvrdoměru, který je vyvinut na základě Poldi kladívka na zkoušení tvrdosti oceli. Používání v praxi je ovšem velice omezeno kvůli náročnosti provádění a vyhodnocování výsledků.



## 7.2 Stanovení pevnosti v tlaku malty

Mezi metody pro zjišťování pevnosti v tlaku malty ve spárách existujících konstrukcí řadíme tvrdoměrné nedestruktivní zkoušky, chemický rozbor na základě obsahu pojiva a takzvané metody lokálního porušení (semidestruktivní) jako je například metoda využívající upravenou přiklepovou vrtačku. Pokud máme možnost odebrat dostatečně pevný vzorek malty dostatečné tloušťky, lze pro stanovení pevnosti v tlaku použít tělesa vyrobená ze spár. Postup hodnocení je uveden v ČSN EN 1015-11.



Obr. 29 - Princip metody válcového indentoru

Na obrázku 29 je znázorněna metoda válcového indentoru, kdy se pevnost malty ve spáře zjišťuje zatlačováním indentoru o průměru 4 mm pomocí kladiva vážícího 1 kg. Údery kladivem jsou vedeny konstantní silou ze vzdálenosti 100 mm, což vyvolá energii 1 J. Na hrotu indentoru jsou vyznačeny rysky po vzdálenosti 5 mm pro lepší odečtení hloubky vniku. Jednotný kalibrační vztah je ale velice ovlivněn osobou, která zkoušku provádí. Proto byl vyvinut kyvadlový indenter, se kterým je metoda prováděna vždy se stejnou energií úderu.

Pro zjišťování pevnosti v tlaku malty přímo na místě stavby se zřejmě nejvíce rozšířila semidestruktivní metoda pomocí upravené vrtačky známé jako Kučerova. Byla vyvinuta na Technickém a zkušebním ústavu zkušebním v Praze. Nejprve se používaly ruční vrtačky, pro velkou fyzickou náročnost při provádění metody vznikla vrtačka akumulátorová. Princip



zkoušení je založen na vzájemném vztahu pevnosti malty v tlaku a jejím odporu proti vnikání vrtáku za daných okolností jako je předepsaný přitlak, stanovený počet otáček a průměr vrtáku. Hloubka vrtu poté udává míru odporu.



**Obr. 30 - Kučerova ruční vrtačka a elektrická vrtačka pro zkoušky pevnosti malty ve spárách**

## B. PRAKTICKÁ ČÁST

Předmětem této diplomové práce je objektivní hodnocení stavebně technického a statického stavu rodinného domu nacházejícího se v Brně Líšni. Objekt je situován v řadové zástavbě. Rozmanitost použitých materiálů a netradiční postupy výstavby vedly k nejasnostem při plánování přestavby a investor tedy přistoupil ke stavebnímu průzkumu.

### 8. STAVEBNÍ PRŮZKUM A DIAGNOSTIKA OBJEKTU

#### 8.1 ÚVOD

Informace o pozemku:

Obec: Brno

Katastrální území: Líšeň

Parcelní číslo: 3456

Stavba:

Budova s číslem popisným: Líšeň; č.p. 1547; rodinný dům

Ulice: Ondráčkova

Adresní místo: Ondráčkova 1547/178



Obr. 31 - Situace umístění parcely č. 3456 v k. ú. Líšeň

Objekt leží v řadové zástavbě, velký zásah do půdorysného tvaru tudíž není možný vzhledem k sousedním objektům, které společně sdílí štítové stěny.



Obr. 32 - Lokalizace objektu na mapě

Rodinný dům byl zakoupen před dvěma lety novými majiteli, kteří už z počátku počítali s výraznou přestavbou celého objektu. Investor se rozhodl pro změnu vnitřní dispozice, pro zvětšení domu přistavěním dalšího patra a prodloužením stavby na úkor dvorku směrem od silnice. Za tímto účelem byl přizván k přestavbě architekt a statik, který si vyžádal stavebně technický průzkum. Plánované změny objektu jsou patrné v přiložené výkresové dokumentaci.

Základním cílem realizovaného stavebního průzkumu je vypracování podkladů pro statický návrh řešení několika konstrukčních prvků, určení konstrukčního řešení a použitých materiálů. Při předběžné prohlídce předmětného objektu byly určeny kritické nosné konstrukční prvky, které budou pro přestavbu zásadní.

Rozhodujícími body stavebně technického průzkumu jsou:

- základové konstrukce,
- obvodové zdivo objektu,
- vliv použití vazby zdiva štítové stěny na její únosnost
- nosná konstrukce stropu,
- vynesení zdiva v 2.NP kolejnicemi,
- opěrná stěna na dvoře objektu.

Ze stavu omítky, stejného uspořádání prvního patra a dalších podobností lze usoudit, že domy byly v této zástavbě řešeny stejně, a to jednopatrové se sedlovou střechou. Původní podoba je dobře rozpoznatelná i na dalších objektech v ulici. Již v minulosti zde proběhla nadstavba objektu o jedno patro a zbudování nové střechy (obrázek 33 nad červenou čarou). Ještě v roce 2007 dům č.p. 1547/178 ukončoval zástavbu a sloužil jako prodejna potravin, nebyl připojen na kanalizační řád ani na vodovod, vše bude zřízeno při rekonstrukci společně s jímkou před vchodem do objektu. V posledních několika letech byla zbourána přístavba na západní straně domu (nalevo za modrou čarou na obrázku 33), zazděny nepoužívané otvory a přistavěn nový rodinný dům, který má vlastní oddílatovanou štítovou stěnu (viz obrázek 35).



Obr. 33 - Jižní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2007





Obr. 34 - Jihozápadní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2007



Obr. 35 - Jihovýchodní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2015



Obr. 36 - Severozápadní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2015

V příložené výkresové dokumentaci je patrný původní stav objektu a rozsah plánované rekonstrukce.

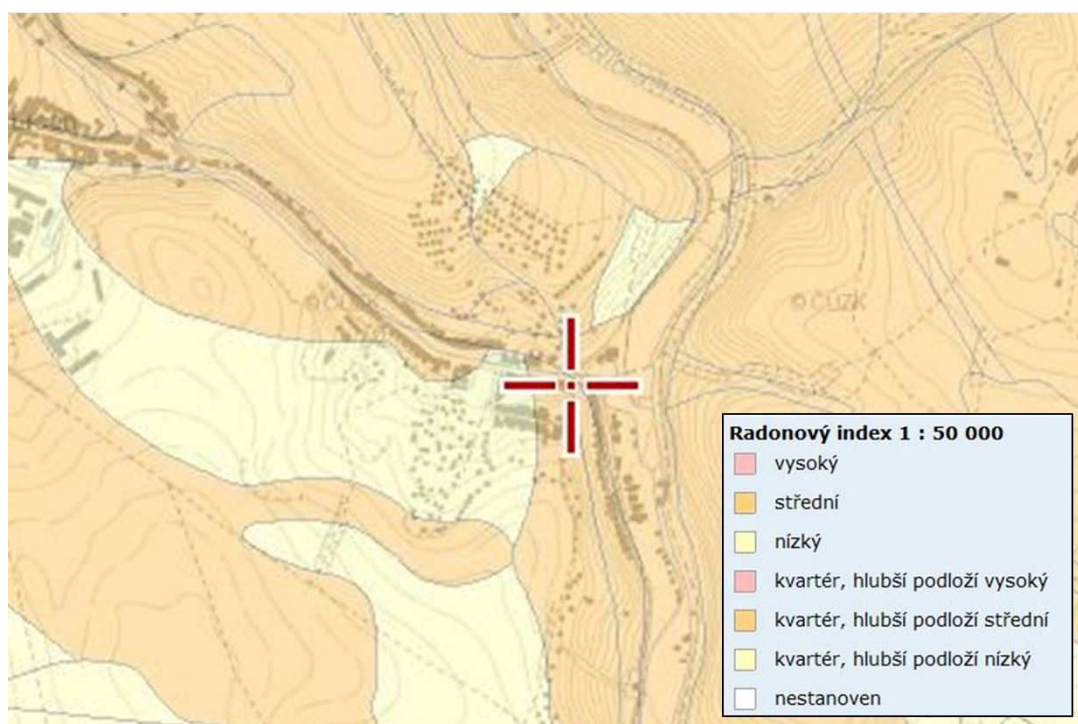


## 8.2 INŽENÝRSKO - GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Objekt se nachází v soustavě Českého masivu - krystalinikum a prevariské paleozoikum, oblast moravskoslezská, region moravskoslezské paleozoikum. Běžně se zde vyskytuje pískovec, zpevněný sediment, slepenec a vápenec. Radonový index je střední. V blízkém okolí pozemku se nenachází žádné poddolované území. Hladina podzemní vody zjištěna v hloubce 2,70 m.



Obr. 37 - Geologická mapa 1:50 000

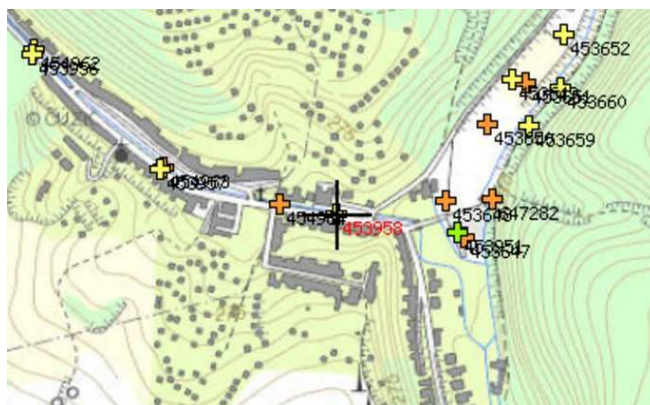


Obr. 38 - Orientační mapa radonového indexu podloží 1:50 000

Nedaleký vrt S-20 v databázi České geologické služby - Geofond z roku 1986 popisuje podrobně podloží do hloubky 4,0 m v tabulce 1.

Hloubka [m]	Popis
0,00 - 0,20	kamínky
0,20 - 0,50	navážka kamínková hlinitá
0,50 - 2,60	hlína písčito-šterkovitá, hnědá
2,60 - 3,60	hlína písčitá, vlhká, šedo-hnědá
3,60 - 4,00	šterk písčitý, zvodnělý

Tab. 1 - Základní litologická data



Obr. 39 - Lokalizace vrtu na mapě

### 8.3 NÁVRH PRŮZKUMU

K objasnění skutečného stavu objektu se díky plánované celkové rekonstrukci mohlo přikročit k poměrně rozsáhlému odkrytí nosných konstrukcí. Byla objasněna geometrie nosných konstrukcí a stav použitých materiálů.

Na základě předběžné prohlídky, konzultace se statikem a architektem a stanovení kritických míst konstrukce, se přistoupilo k těmto diagnostickým pracím:

- Posouzení kvality základových konstrukcí, jejich provedení a skladby použitých materiálů pomocí kopaných sond.
- Ověření kvality nosného zdiva, zhodnocení vlivu vazby na únosnost konstrukce a posouzení kvality malty pomocí destruktivních zkoušek na odebraných vzorcích.
- Identifikace skladby a konstrukčního řešení stropních konstrukcí odkrytím záklopu vizuální prohlídkou.

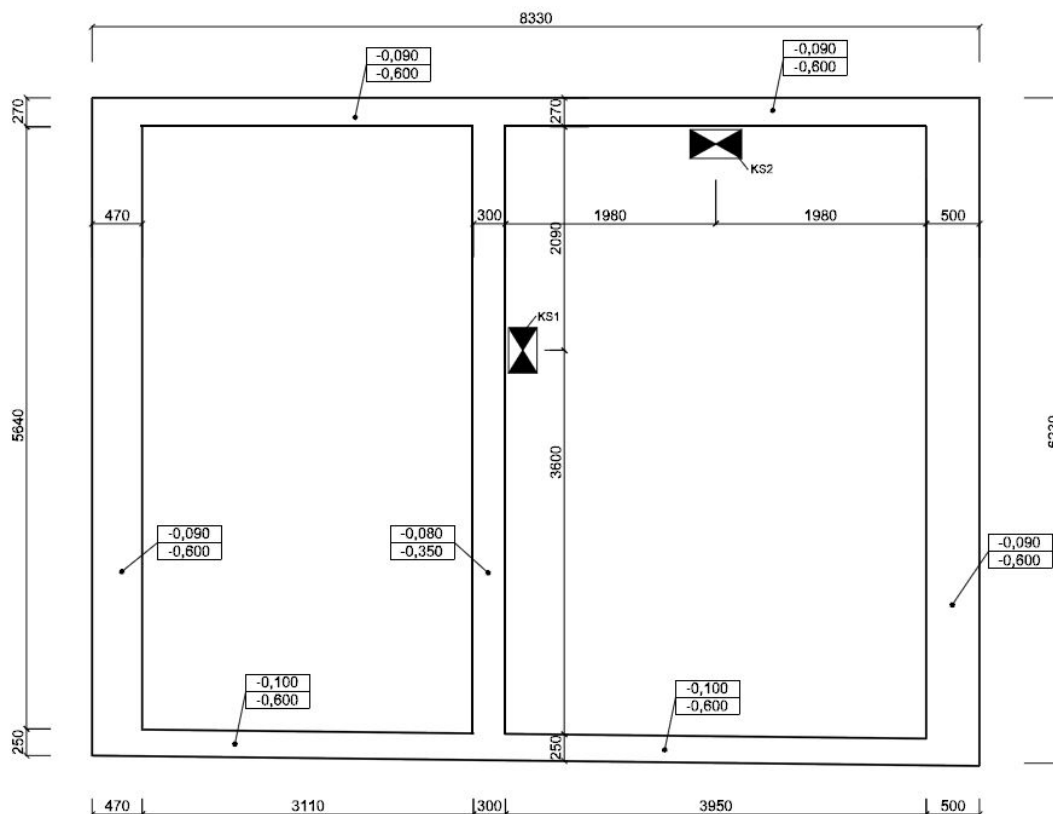


- Vizuálně defektoskopická prohlídka kolejnic, vynášejících zdivo v 2.NP a zhodnocení jejich stavu.
- Zhodnocení opěrné stěny na dvoře objektu pomocí jádrových vývrtů, specifikace druhu zeminy v oblasti za stěnou.

## 8.4 PRŮZKUM

### 8.4.1 Základové konstrukce

Po odstranění dřevěných podlah v 1.NP se přistoupilo k výkopovým sondám k základům konstrukce. Sondy byly provedeny dvě, jedna pod štítovou nosnou stěnou a druhá pod příčkou v místě, kde by měl být založen nový železobetonový pilíř. Základové konstrukce jsou tvořeny ze skládaného lomového kamene, spáry jsou prolity píščito-hlinitou drobnou maltou. Jedná se o základové pasy, jejichž šířka je shodná s šířkou nosného zdiva, případně jsou mírně rozšířeny. Použitý materiál je zřejmě z místních zdrojů, většinou jde o slepence a pískovce, ale i magmatické horniny. Umístění kopaných sond je znázorněno na obrázku 40.



Obr. 40 - Umístění kopaných sond v konstrukci

Kopanou sondou KS1 (obrázek 41) pod nenosnou příčkou byl zjištěn kamenný základ s nepříliš kvalitní maltou se základovou spárou v hloubce 350 mm. Tato příčka bude při rekonstrukci odstraněna i se základovým pasem, který v místě sondy nahradí železobetonová patka spojená s novým základovým pasem z betonu C20/25.



Obr. 41 - Kopaná sonda KS1

Sonda KS2 (obrázek 42) v místě nosné štitové stěny na západní straně objektu objevila stejně provedený původní základ se základovou spárou v hloubce 600 mm. Takto provedené základové konstrukce jsou po celém obvodu domu a pro další přitížení nejsou vhodné.



Obr. 42 - Kopaná sonda KS2

### 8.4.2 Svislé konstrukce

Svislé konstrukce jsou v 1.NP tvořeny cihelným zdivem z cihel plných pálených uložených na maltu vápenocementovou. Nosný konstrukční systém je příčný, doplněný o štítové zdivo a vnitřní příčky. Štítové zdivo je vyzděno atypickou vazbou s použitím cihly postavené "na bok" (viz obrázek 43). Šířka zdiva je bez omítky 220 mm s použitím jedné cihly postavené "na bok" a jedné položené jako běhoun. Ovlivnění únosnosti takto situované cihly bylo podrobněji prozkoumáno v laboratoři při zkouškách pevnosti v tlaku. K této zkoušce byly použity odebrané celé cihly a malta z ložných spár z místa vyznačeného na obrázku 43 a 44.



Obr. 43 - Vazba štítového zdiva v 1.NP, místo odebrání vzorků pro laboratorní zkoušky

Obvodové nosné zdivo má uspokojivě provedenou křížovou vazbu, je vyzděno na vápenocementovou maltu a nejeví známky poškození, zvýšené vlhkosti, velkých trhlin nebo jiných poruch či vad. Tloušťka nosné stěny oddělující obytný prostor od ulice je 500 mm, stěna ke dvoru má tloušťku 470 mm. Pevnost v tlaku byla vyzkoušena v laboratoři



z odebraných celých cihel a malty z ložných spár. Normalizovaná pevnost cihel v tlaku je 25,4MPa. Vzhledem k menší pevnosti v tlaku cihel postavených na bok je pak označení podle ČSN EN 771-1 CP-22. Průměrná objemová hmotnost cihel je  $1668 \text{ kg.m}^{-3}$ . Místo sekané sondy a odběru vzorků je označeno na obrázku 43 a 44.



Obr. 44 - Obvodové zdivo v 1. NP, místo odebrání vzorků pro laboratorní zkoušky

Obvodové nosné zdivo ve 2.NP je provedeno se stejnou vazbou a tloušťkou jako v přízemí a ani zde nejeví známky jakýchkoli vad či poruch. Štítové zdivo a příčky jsou provedeny podélně děrovanými cihlami stejnou vazbou jako u štítových stěn v 1.NP. V druhém patře byly odebrány celé podélně děrované cihly k přezkoumání pevnosti v tlaku z štítové stěny šířky 270 mm a nosné stěny rovnoběžné se štítem domu o šířce 300 mm.



Obr. 45 - Vnitřní nosné zdivo v 2. NP, místo odebrání vzorků pro laboratorní zkoušky

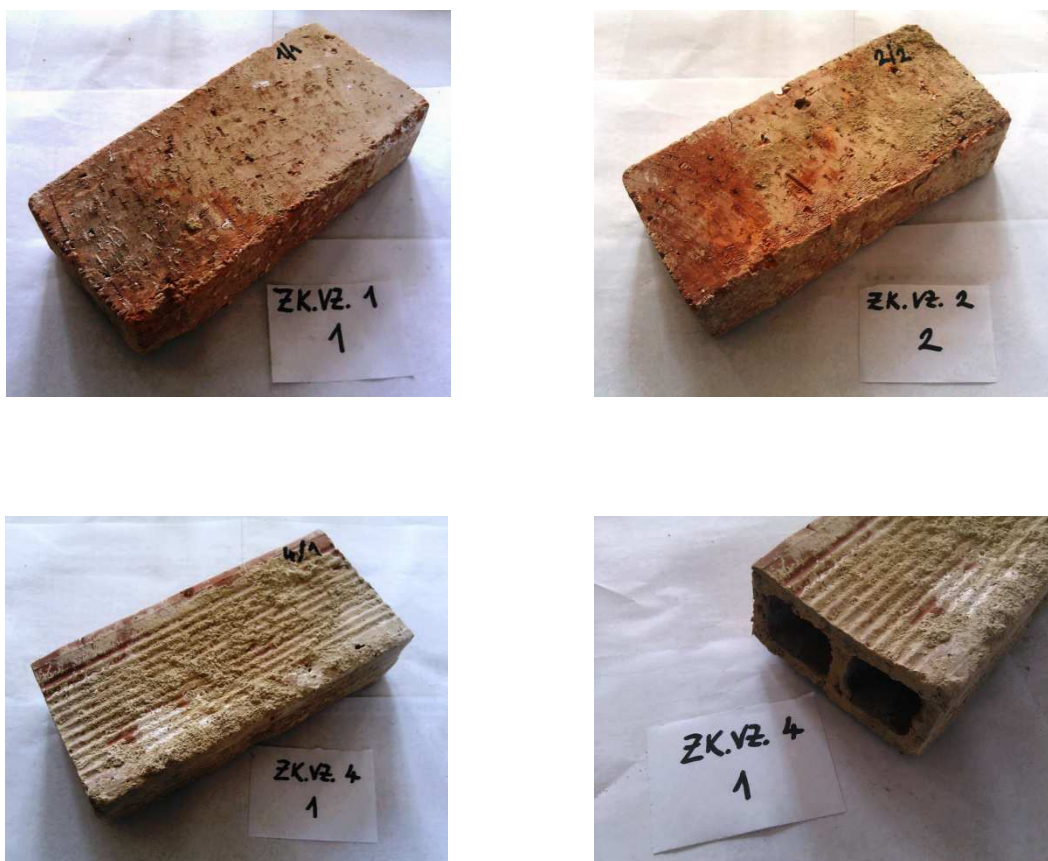
Místa odběrů zkušebních vzorků jsou znázorněny ve výkresové dokumentaci.

Zkušební vzorky pro laboratorní zkoušky pevnosti v tlaku byly odebírány celkem ze čtyř míst, z toho dvě jsou v 1.NP a dvě v 2.NP. Celkem bylo odebráno z konstrukce 8 celých cihel pálených a 8 podélně děrovaných cihel. Cihly byly zkoušeny v poloze, v jaké jsou uloženy v konstrukci. Lisování probíhalo rychlostí 10 mm/min. Odběrná místa jsou zaznamenána ve výkresové dokumentaci.

Výsledky měření a zkoušení jsou zaznamenány v příloze č. 1.

Průměrné rozměry cihel plných pálených jsou 299x141x69 mm a průměrná hmotnost jedné cihly je 4839 g. Objemová hmotnost je 1663 kg.m<sup>-3</sup>. Dle mezních odchylek jmenovitých rozměrů se jedná o cihly třídy jakosti II.

Průměrné rozměry cihel podélně děrovaných jsou 286x134x68 mm a průměrná hmotnost jedné cihly je 2179 g s objemovou hmotností 836 kg.m<sup>-3</sup>. Děrované cihly jsou v drtivé většině prohnuté a to jak konkávně, tak konvexně. Na povrchu jsou podélně rýhované.



Obr. 46 - Zkušební vzorky cihel

Pevnost v tlaku  $f_x$  jednotlivých zkušebních těles byla vypočítána ze vztahu:

$$f_x = \frac{F}{A}$$

kde:  $F$  - nejvyšší zatížení při porušení celého vzorku [N]

$A$  - tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů původního vzorku [mm<sup>2</sup>]

Průměrná pevnost v tlaku je pak aritmetickým průměrem jednotlivých sad, označujeme ji  $f_u$ .

Normalizovaná pevnost v tlaku  $f_b$  se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$f_b = \delta \eta f_u$$

kde:  $\delta$  - součinitel tvaru vyjadřující vliv šířky a výšky zdicího prvku, podle tabulky 3

$\eta$  - součinitel obsahu vlhkosti

$f_u$  - průměrná pevnost v tlaku [MPa]

Výška zdíciho prvku (mm)	Nejmenší vodorovný rozměr zdíciho prvku (mm)				
	50	100	150	200	250 nebo větší
50	0,85	0,75	0,70	0,70	-
65	0,95	0,85	0,75	0,75	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,90	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,10	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,25	1,10
250 nebo větší	1,55	1,45	1,35	1,35	1,15

Poznámka: Lineární interpolace je povolena.

Tab. 2 - Hodnoty součinitele tvaru  $\delta$

Pro zkušební vzorky kondiciované na vzduchu je součinitel obsahu vlhkosti  $\eta=1,0$ . Pro cihly položené jako běhouny vychází součinitel tvaru  $\delta=0,75$ . Pro cihly umístěné v konstrukci na bok je pak součinitel  $\delta=1,2$ .

Z výsledku  $n$  zkoušek s označením  $x_1, x_2, \dots, x_n$  pevnosti v tlaku se určí průměrná hodnota  $m_x$ , směrodatná odchylka  $s_x$  a variační koeficient  $V_x$  podle vztahů:

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n - 1}$$

$$V_x = \frac{s_x}{m_x}$$

Charakteristická hodnota pevnosti v tlaku se pak stanoví ze vztahu:

$$f_k = m_x(1 - k_n V_x)$$

kde:  $k_n$  - součinitel pro stanovení 5 % kvantilu, hodnoty uvedeny v tabulce 3

Počet $n$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_x$ známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$V_x$ neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Tab. 3 - Součinitel  $k_n$  pro stanovení 5% kvantilu





Obr. 47 - Zkušební lis s rychlostí lisování 10mm/min



Obr. 49 - Příklady porušení cihly plné pálené



Obr. 48 - Příklady porušení podélně děrované cihly

Odebrány byly také kusy malty z ložných spár, a to 6 zkušebních vzorků z 1.NP a 6 zkušebních vzorků z 2.NP. Místa odběrů zkušebních vzorků jsou označená v příloze 2, výkresové dokumentaci. Za účelem stejných rozměrů tlačných ploch byla při lisování o rychlosti 10 mm/min malta sevřena do zkušební "pastičky" s dosedací plochou 20 x 20 mm (viz obrázek 50).



Obr. 51 - Zkušební pastička s dosedací plochou 20 x 20 mm    Obr. 50 - Zkušební vzorky malty odebrané z ložných spár

Výsledky laboratorního hodnocení jsou zaznamenány v příloze číslo 1.

Při vyhodnocování návrhové pevnosti zdiva  $f_d$  se postupovalo dle normy ČSN ISO 13822 - NF. Postup výpočtu je uveden níže. Návrhová pevnost zdiva je uvedena v příloze číslo 1. Zdivo je v rohových stycích nosných stěn řádně provázáno. Styky nosných stěn a nenosných vnitřních příček budou napraveny v průběhu rekonstrukce.

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_k$  nevyztuženého zdiva s obyčejnou maltou se podle EC6 vypočítá ze vztahu:

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta \quad [\text{MPa}]$$

kde:  $f_k$  - charakteristická pevnost zdiva v tlaku v MPa pro zdivo s vyplněnými ložnými spárami;

$K$  - součinitel vyjadřující druh malty a zdicího prvku;

$f_b$  - normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdicích prvků [MPa];

$f_m$  - průměrná pevnost malty v tlaku [MPa], uvažuje se nejvýše menší z hodnot  $2f_b$  nebo 20 MPa;

- $\alpha$  - exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty,  $\alpha = 0,65$  pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou,  $\alpha = 0,85$  pro nevyztužené zdivo s maltou pro tenké spáry;
- $\beta$  - exponent závislý na druhu malty,  $\beta = 0,25$  pro obyčejnou maltu,  $\beta = 0$  pro lehkou maltu a maltu pro tenké spáry.

Návrhová pevnost zdiva v tlaku  $f_d$  se vypočítá ze vztahu:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4}$$

- kde:  $\gamma_m$  - dílčí součinitel zdiva;
- $\gamma_{m1}$  - základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, která se pro zdivo z plných cihel uložených na obyčejnou maltu rovná 2,0. V ostatních případech je nutno součinitel stanovit rozbořem s ohledem na způsob zjištění pevnostních charakteristik;
- $\gamma_{m2}$  - součinitel zahrnující vliv pravidelnosti vazby zdiva a vyplnění spár maltou:  $0,85 \leq \gamma_{m2} \leq 1,2$  (dolní mez intervalu platí pro zcela pravidelnou vazbu a dokonalé vyplnění spár);
- $\gamma_{m3}$  - součinitel zahrnující vliv zvýšené vlhkosti, pro vlhkost zdiva v intervalu od 4% do 20% se součinitel určí interpolací mezi hodnotami  $1,0 \leq \gamma_{m3} \leq 1,25$ ;
- $\gamma_{m4}$  - součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu  $1,0 \leq \gamma_{m4} \leq 1,4$ , dolní mez platí pro neporušené zdivo bez trhlin.

### 8.4.3 Vodorovné konstrukce - stropní konstrukce

Vodorovná konstrukce stropu nad 1.NP je složena z dřevěných stropních trámů o průřezu 140 x 180 mm (s výjimkou krajních stropních trámů při štítových stěnách o průřezu 80 x 180 mm) uložených do obvodových nosných zdí a střední nosné zdi. Jde o takzvaný polospalný strop s omítnutým podhledem na rákosové rohože s násypem (viz obrázek 52). Trámy jsou rozmístěny v konstrukci v osově vzdálenosti 900 - 1000 mm od sebe. Při vizuální prohlídce v lokálních sondách se provedlo zhodnocení pomocí smyslových metod a jednoduchých mechanických zkoušek. Prohlídka stropních trámů neprokázala známky poškození biotickými škůdci, v čase prohlídky trámy nevykazovaly známky zvýšené vlhkosti.

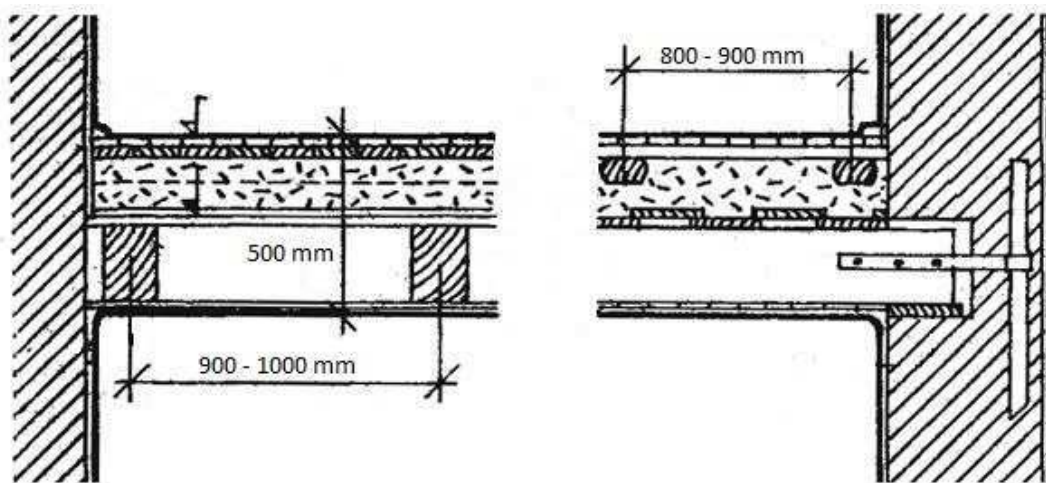


Obr. 52 - Sekaná sonda do stropní konstrukce nad 1.NP





Obr. 53 - Sekaná sonda do stropní konstrukce nad 2.NP, plíseň na omítce



Obr. 54 - Skladba trámového stropu nad 1.NP

Strop nad 2.NP je také polospalný s omítnutým podhledem na rákosové rohože. Nášlapnou vrstvu však tvoří jen záklop z prken. Stropní trámy jsou průřezu 110 x 160 mm s osovou vzdáleností 800 až 900 mm. Trámy jsou uloženy příčně - do štítových stěn, tedy kolmo na směr uložení trámů ve stropní konstrukci nad 1.NP. Trámy nejsou spojitě jako v přízemí, ale v každém poli působí samostatný trám prostě uložený do štítové stěny a středové příčky. Na omítce se objevuje místy plíseň, která bude odstraněna společně s omítkou a podbitím (obrázek 51). Stejně jako u stropu nad 1.NP nebyly prokázány žádné stopy biotického

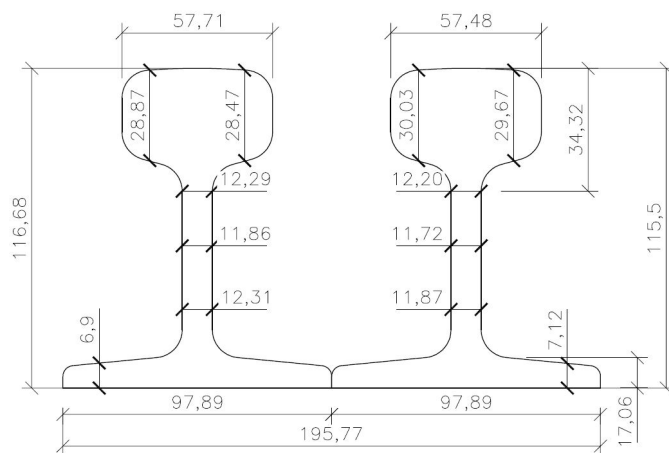
poškození ani vlhkosti. V místě největšího stříhového namáhání - zhlaví stropních trámů, byla provedena sekaná sonda s odkrytím podbití i záklopu. Umístění sond je znázorněno v přiložené výkresové dokumentaci.



Obr. 55 - Sekaná sonda do stropní konstrukce nad 2.NP

#### 8.4.4 Kolejnice v 2.NP

Při provádění sekanych sond a následně při odstranění omítky na vnitřní stěně v 2.NP byly objeveny dvě kolejnice uložené podélně do obvodového zdiva. Proběhlo odsekání betonu, kterým byl prolitý prostor mezi kolejnicemi, očištění a obroušení části kolejnic v místě původních dveří. Ultrazvukovou metodou byly zjištěny rozměry použitých kolejnic pro další zpracování, měřeno zařízením Proceq - Zonotip s rychlostí šíření zvuku  $5910 \text{ m.s}^{-1}$ , rozměry zkontrolovány a doplněny posuvným měřidlem (viz obrázek 56).



Obr. 56 - Rozměry kolejnic vynášející příčku v 2.NP [mm]

Chemické složení kolejnic a zařídění oceli bylo provedeno ručním spektrometrem Delta od výrobce BAS Rudice s.r.o. Metoda zkoumání pomocí spektrometru byla vysvětlena v teoretické části této práce.



Obr. 57 - Označení kolejnice v 2.NP





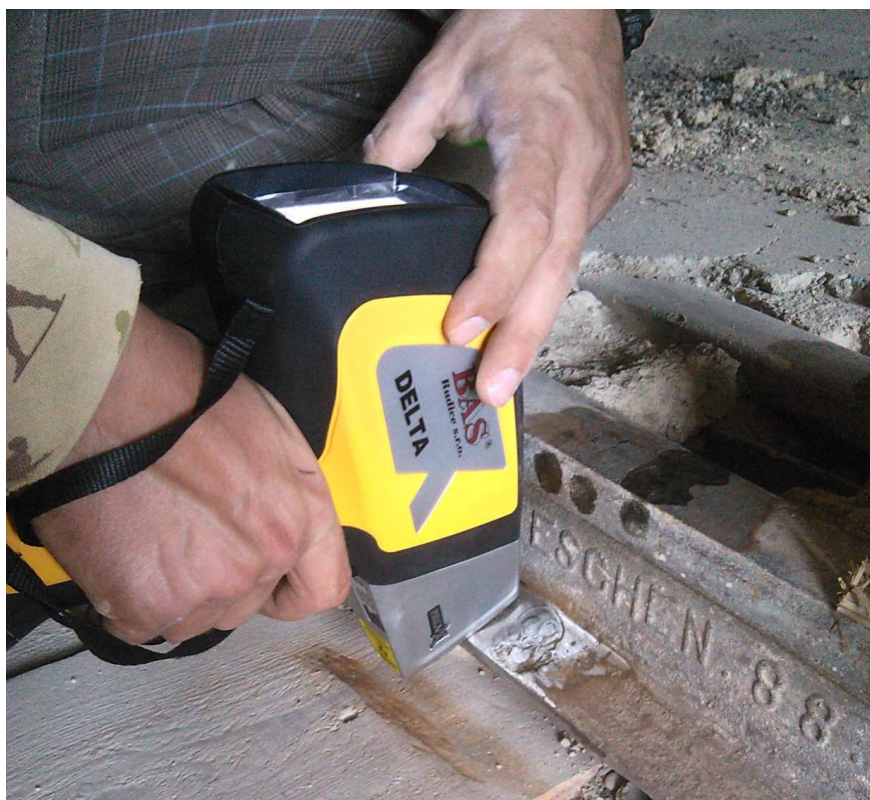
Obr. 59 - Provádění ultrazvukového měření rozměrů kolejnice



Obr. 58 - Akustická trasovací metoda



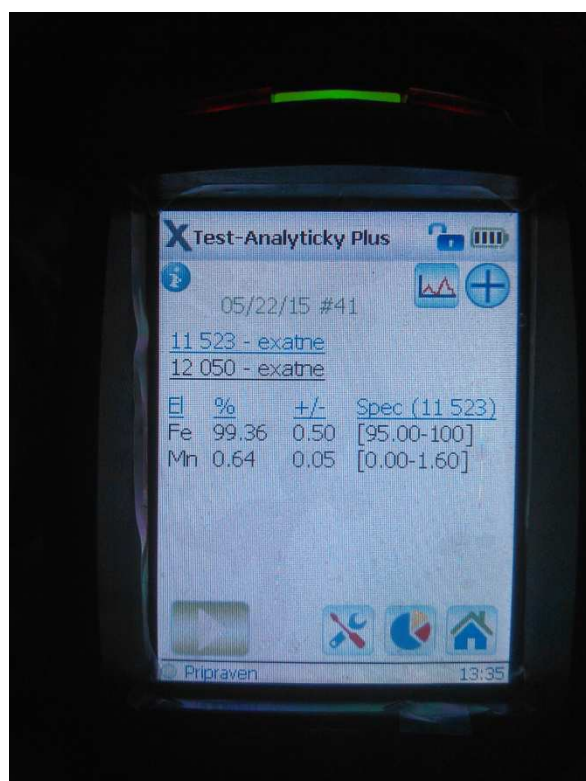
Určování chemického složení kovových součástí konstrukce je jednoduché a velice rychlé na provádění i vyhodnocení. Postup měření spočívá v očištění povrchu zkoumaného prvku a přiložení detektoru co nejblíže k objektu. Stiskem tlačítka se ovlivňuje doba záření, spektrometr udává zvukovým signálem potřebnou délku k detekci všech odražených vln. Výsledky testu jsou ve velmi krátkém čase zobrazeny přímo na displeji detektoru jako procentuelní zastoupení látek obsažených ve předmětném materiálu a případné označení oceli, které udává norma ČSN.



Obr. 60 - Zjišťování chemického složení oceli pomocí ručního spektrometru

Zjištěné chemické složení (viz obrázek 61) odpovídá oceli třídy 11 523 podle normy ČSN. Podle EN 10025-2 je značka oceli S355J0.

Kolejnice obsahuje 99,36 % železa a 0,64 % manganu.



Obr. 61 - Zobrazení chemického složení a zařídění materiálu

### 8.4.5 Opěrná stěna

Opěrná betonová stěna se nachází na dvoře objektu v patě přilehlého svahu. Výška konstrukce je průměrně 4,20 m a šířka 6,10 m. Tloušťka, složení a kvalita opěrné stěny byly předmětem destruktivní zkoušky jádrovým vrtáním zhruba uprostřed konstrukce ve výšce 1,25 m nad okolním terénem. Na vrchním líci roste náletová vegetace, která nijak nenarušuje konstrukci. Opěrná stěna nejeví známky žádných vad či poruch. V nové konstrukci nebude nijak využita ani přitížena, pro nově vzniklou část RD na dvoře bude vybudována rovnoběžně s lícem opěrné zdi nová nosná stěna.



Obr. 62 - Opěrná stěna, umístění jádrového vývrtu

Umístění jádrového vývrtu je znázorněno ve výkresové dokumentaci v příloze číslo 2. Byl proveden jeden jádrový vývrt o průměru 100 mm do hloubky 700 mm. Betonová opěrná stěna má tloušťku 300 mm. Beton obsahuje zrna velikosti přesahující třetinu průměru vývrtu, což ovlivňuje stanovení krychelné pevnosti betonu v tlaku. Vzhledem k charakteru konstrukce a její bezporuchovosti se toto zanedbalo a dále se s tímto výsledkem pracovalo jako s čistě informativním. Laboratorní zkoušky prokázali pevnost v tlaku 15MPa, bez dalších zkušebních vzorků můžeme odhadnout pevnostní třídu C8/10.





Obr. 65 - Provádění jádrového vývrtu na opěrné stěně



Obr. 64 - Jádrový vývrt délky 700 mm



Obr. 63 - Makroskopická struktura vývrtu



Z jádrového vývrtu délky 30 cm byly vyrobeny dvě zkušební tělesa, každé o délce 100 mm. Výsledky laboratorních zkoušek jsou uvedeny v příloze číslo 1. Objemová hmotnost  $2163 \text{ kg.m}^{-3}$  odpovídá obyčejnému betonu.



Obr. 66 - Zkušební těleso pro stanovení pevnosti v tlaku



Obr. 67 - Drcení zkušební tělesa

## **8.5 ZÁVĚRY A NÁVRH OPATŘENÍ**

### **8.5.1 Základové konstrukce**

Základové konstrukce byly pro přitěžování vyhodnoceny jako nevhodné. Rozdílné rozměry základových pasů, použitá malta prakticky nulové pevnosti a použitý kámen různých jakostí a velikostí. Šířka stávajících pasů je znázorněna ve výkresové dokumentaci.

Proto bylo přistoupeno k vybudování zesílení základovými pasy z prostého betonu C20/25. Ve stávajících základech budou vybudovány nové základové pilířky 300 x 250 mm z armokošů prolitých betonem C20/25 a monoliticky spojených s novými základy. Místo pro pilířky vznikne probouráním stávajících pasů na úroveň základové spáry stávajících základů. Provedení tohoto detailu je zobrazeno v příloze č. 2 - výkresové dokumentaci.

V místě nově plánovaného vjezdu do garáže se původní základy odstraní a budou plně nahrazeny novými základy o šířce 800 mm. Stejně tak základy pod vnitřní stěnou budou nahrazeny novými základy podle navržené dispozice vnitřních prostorů.

Část domu projektovaná v místě původního dvora bude stát na nových betonových základech šířky 400 - 500 mm.

### 8.5.2 Svislé konstrukce

V 1. NP dojde podle projektu k vybourání všech vnitřních stěn. Vnitřní nosná stěna bude nahrazena skrytým železobetonovým průvlakem, který se uloží na nově zbudované pilíře. Z obvodového zdiva budou ponechány v celku pouze štítové stěny, příčné obvodové zdivo bude z velké části nahrazeno otvory a zdivem z broušených cihel Porotherm T plněnými minerální vatou na zdící pěnu Profi Dryfix.

Vnitřní stěny a zeď u stávající opěrné stěny budou provedeny z broušených cihel Porotherm na zdící pěnu Profi Dryfix s výjimkou zdi oddělující závětrí a garáž s obytným prostorem budovy, které budou vyzděny z cihel Porotherm T.

Svislé zatížení z vrchních pater budou ve velké míře přenášet již zmiňované železobetonové pilíře situované ve zdivu.

Variantu přenesení zatížení z vrchních pater jen stávajícími obvodovými stěnami řeší statický výpočet v kapitole 9 této diplomové práce.

V 2.NP bude zachována velká část původního obvodového i vnitřního zdiva. Dle statického výpočtu, který je součástí této práce je původní obvodové nosné zdivo v 2.NP zřejmě nejslabším místem celé konstrukce. Nicméně na nové zatížení, které ponese po rekonstrukci, vyhovuje. Z ekonomických důvodů je toto zdivo v konstrukci ponecháno. Další přítěžování konstrukce se nedoporučuje. Obvodové zdivo oddělující původní obytný prostor a dvůr bude ve východní polovině objektu nahrazeno železobetonovým průvlakem. Průvlak bude uložen na železobetonový pilířek a na druhé straně v jihovýchodním rohu původního domu na nové obvodové zdivo tloušťky 300 mm. Další průvlak nahradí severní část vnitřní podélné stěny, na které je uložena výměna trámů nosoucích strop nad 2.NP.

### 8.5.3 Vodorovné konstrukce - stropní konstrukce

Skladba stávajících stropů je pro nové využití objektu nevyhovující. Ve stropu nad 1. NP byly ponechány podélné trámy 140 x 180 mm uloženy na severní a jižní obvodové stěny délkou 150mm. Původně spojitě trámy budou rozděleny vnitřním železobetonovým průvlakem, do kterého se trámy zakotví chemickými kotvami pomocí trámové botky. Detail tohoto provedení je ve výkresové dokumentaci. Na původní trámy bude umístěn OSB záklop výšky 18 mm a 60 mm tlustá hřebíkobetonová spřažená deska. Nad hřebíkobetonovou deskou se položí kročejová izolace Isover 15 mm, systémová folie s výstupky Tophtherm a otopný had. To vše zakončí anhydritová vrstva a nášlapnou vrstvu bude tvořit vinyl. Podhled se řeší jako sádrokartonový.

Strop nad 2. NP vynáší původní dřevěné trámy. Architektonické řešení neumožňuje snížení světlé výšky v obytném prostoru 2. NP, proto nemohlo být použito stejného složení stropu, jako v 1. NP. Na doporučení statika se přistoupilo k zesílení stávajících trámů o průřezu 110 x 160 mm. Zesílení je řešeno spřažením stávajících trámů s novými stropními trámy 80 x 180 mm. Spojení trámů zajišťují spojovací třmeny. Výměna původních trámů nad vnitřní stěnou bude zachována jen v severní části objektu (na ocelobetonový průvlak), strop nad schodištní chodbou zajistí jen nové trámky 60 x 180 mm délky 1200 mm. Uložení nad schodištěm bude provedeno do ocelového profilu HEA 140 seříznutým koncem trámu a vsazením mezi pásnice. Podhled tvoří SDK, záklop a nášlapná vrstva s podlahovým topením bude řešen stejně jako u stropu nad 1. NP.

V obou stropních konstrukcích je prostor mezi trámy vyplněn tepelnou izolací Isover NF 333 170 mm. Dřevo nových konstrukčních prvků bude tlakově impregnováno, řezivo třídy C24 - maximální vlhkost 15%.

Překlady nad otvory v novém zdivu jsou systémové, od firmy Porootherm. Průvlaky jsou řešeny jako železobetonové s betonářskou výztuží nebo ocelovými profily IPE 140. Obě stropní konstrukce jsou ztuženy obvodovými železobetonovými věnci - beton C25/30 XC1, betonářská ocel B500B.



#### 8.5.4 Kolejnice v 2.NP

Po celou dobu využívání objektu byly kolejnice pod vnitřní stěnou zakonzervovány omítkou a zásypem původního stropu. Po odkrytí podlahy a omítek nebyly nalezeny známky koroze, porušení kolejnic ani jiných vad. Použití kolejnic v pozemním stavitelství je sice atypické, ale dá se srovnat s používáním I nebo H ocelových profilů. V nové dispozici je odstraněna severní část stěny, kterou byly kolejnice přitíženy.

Zatížení z podkroví a střechy je z celé severní strany objektu přenášeno ocelobetonovým průvlakem do železobetonového sloupku 300 x 300 mm a obvodové nosné stěny. Kolejnice přenáší zatížení od tíhy vnitřní stěny tloušťky 300mm a části uloženého trámového stropu nad 2. NP.

#### 8.5.5 Opěrná stěna

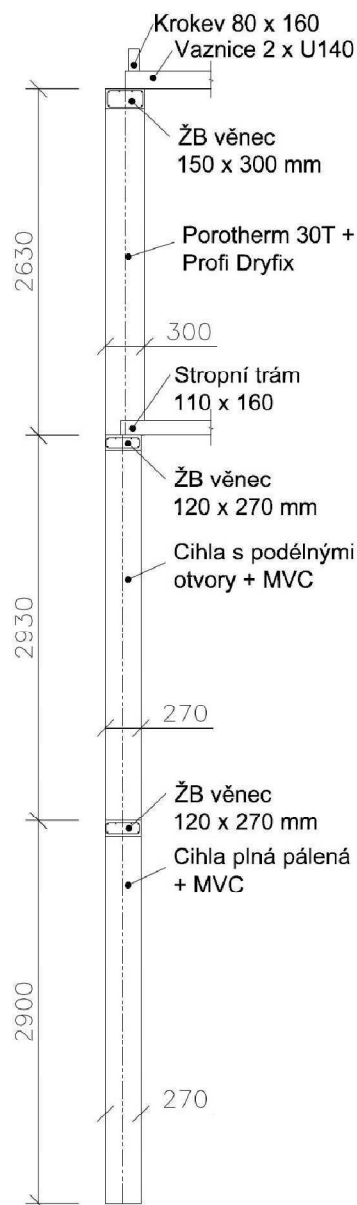
Vyhodnocením pevnosti na jádrovém vývrtu bylo zjištěno zatřídění betonu do pevnostní třídy C8/10. Přilehlý svah je stabilní, za rubem opěrné stěny je vrstva štěrku, který zabezpečuje bezproblémový odvod podzemní vody od povrchu konstrukce. Mezi opěrnou stěnou a novou zeď rodinného domu bude vložena hydroizolace.

Opěrná stěna nebude dále nijak upravována ani přitěžována.



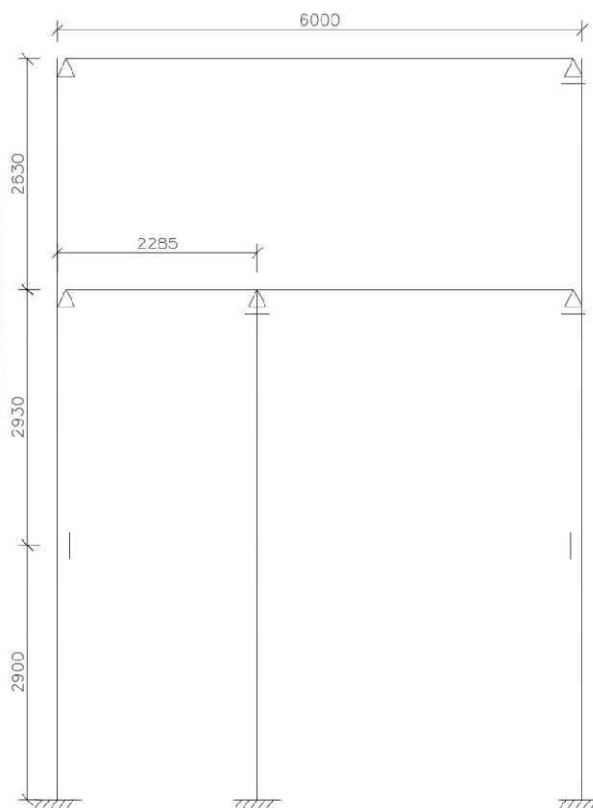
Obr. 68 - Stabilita svahu odkopu sousedního RD

## 9. STATICKÝ VÝPOČET



Obrázek 1 - Geometrie stěny

### 1. GEOMETRIE A STATICKÉ SCHÉMA



Skladba stropu nad 2.NP:

- |   |        |
|---|--------|
| • nášlapná vrstva - vinyl                 | 2 mm   |
| • anhydrit                                | 44 mm  |
| • systémová folie Tophtherm TOP 303+      | 33 mm  |
| • desky OSB                               | 18 mm  |
| • tep. izolace mezi trámy Isover Multimax | 160 mm |
| • SDK podhled                             | 80 mm  |

Skladba střechy:

- |   |        |
|---|--------|
| • plechová krytina hladká Seamline      | 0,6 mm |
| • prostorová smyčková rohož Delta Trela | 5 mm   |
| • celoplošné bednění z prken            | 24 mm  |
| • laťování - vzduchová mezera           | 25 mm  |
| • střešní difúzní folie Tyvek Supro     | 1,5 mm |

- tep. izolace mezi krokvemi Isover 160 mm
- tep. izolace pod krokvemi Isover 80 mm
- SDK podhled 80 mm

Určení účinné výšky stěny:

$$h_{eff1} = h_1 * \rho_n = 2,90 * 1,0 = 2,9 \text{ m}$$

$$h_{eff2} = h_2 * \rho_n = 2,93 * 1,0 = 2,93 \text{ m}$$

$$h_{eff3} = h_3 * \rho_n = 2,63 * 1,0 = 2,63 \text{ m}$$

Určení účinné šířky stěny:

$$t_{eff1} = t_1 * \rho_t = 0,27 * 1,0 = 0,27 \text{ m}$$

$$t_{eff2} = t_2 * \rho_t = 0,27 * 1,0 = 0,27 \text{ m}$$

$$t_{eff3} = t_3 * \rho_t = 0,30 * 1,0 = 0,30 \text{ m}$$

Uložení stropního trámu nad 2.NP je 150 mm. Vaznice je uložena 200 mm na nosné stěně.

## 2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Zed' z cihel plných pálených:

$$f_{u1} = 22 \text{ MPa}$$

$$f_{b1} = 1 \text{ MPa} < f_{u1} = 22 \text{ MPa}$$

$$f_{d1} = 2,39 \text{ MPa}$$

$$\gamma_1 = 17 \text{ kN.m}^{-3}$$

Zed' z cihel podélně děrovaných:

$$f_{u2} = 2 \text{ MPa}$$

$$f_{b2} = 1 \text{ MPa} < f_{u2} = 2 \text{ MPa}$$

$$f_{d2} = 0,41 \text{ MPa}$$

$$\gamma_2 = 8,5 \text{ kN.m}^{-3}$$

Zed' z tvarovek Porotherm 30T:

$$f_{u3} = 8 \text{ MPa}$$

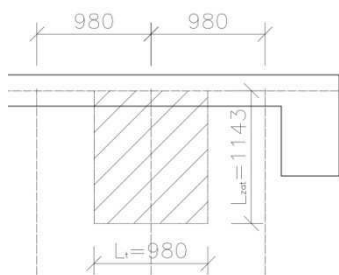
$$f_{d3} = 1,76 \text{ MPa}$$

$$\gamma_3 = 6,5 \text{ kN.m}^{-3}$$

### 3. ZATÍŽENÍ

#### 3.1 Stálé zatížení

##### 3.1.1 Strop 2.NP:



Obrázek 2 - Půdorys - strop nad 2.NP

	Tloušťka [m]	$\gamma$ [kN.m <sup>-3</sup> ]	$g_k$ [kN.m <sup>-2</sup> ]
vinyl	0.002	15	0.03
anhydrit	0.044	21	0.924
folie	0.033	3	0.099
OSB	0.018	6.5	0.117
izolace	0.16	0.85	0.136
SDK	0.08	7.5	0.6
$\Sigma g_k =$			1.906

Stropní trám:

$$g_{trám} = a * b * \gamma = 0,11 * 0,16 * 5 = 0,088 \text{ kN.m}^{-1}$$

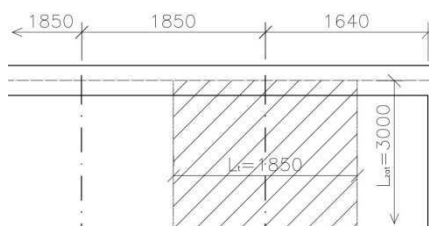
Železobetonový věnec:

$$g_{věnec} = a * b * \gamma = 0,12 * 0,27 * 25 = 0,810 \text{ kN.m}^{-1}$$

Stálé zatížení celkem:

$$\begin{aligned}\Sigma g_{k,celk1} &= \Sigma g_k * l_t * l_{zat} + g_{trám} * l_{zat} + g_{věnec} * l_t = \\ &= 1,906 * 0,98 * 1,143 + 0,088 * 1,143 + 0,81 * 0,98 = \\ &= 3,03 \text{ kN.m}^{-1}\end{aligned}$$

### 3.1.2 Střešní konstrukce



Obrázek 3 - Půdorys - střecha

	Tloušťka [m]	$\gamma$ [kN.m <sup>-3</sup> ]	$g_k$ [kN.m <sup>-2</sup> ]
tabulková hodnota odpovídající skladby			0.32
izolace	0.24	0.85	0.204
SDK	0.08	7.5	0.6
		$\Sigma g_k =$	1.124

Vaznice:

$$g_{vaznice} = 2 * g_{k,vaznice} = 2 * 0,1635 = 0,327 \text{ kN.m}^{-1}$$

Železobetonový věnec:

$$g_{věnec} = a * b * \gamma = 0,15 * 0,30 * 25 = 1,125 \text{ kN.m}^{-1}$$

Stálé zatížení celkem:

$$\begin{aligned}\Sigma g_{k,celk2} &= \Sigma g_k * l_t * l_{zat} + g_{vaznice} * l_{zat} + g_{věnec} * l_t = \\ &= 1,124 * 1,85 * 3,0 + 0,327 * 3,0 + 1,125 * 1,85 = \\ &= 9,30 \text{ kN.m}^{-1}\end{aligned}$$

### 3.1.3 Vlastní tíha

Zdivo 1.NP:

$$G_{1,k} = h_{eff1} * l_t * b * \gamma_1 = 2,9 * 0,98 * 0,27 * 17 = 13,04 \text{ kN}$$

Zdivo 2.NP:

$$G_{2,k} = h_{eff2} * l_t * b * \gamma_2 = 2,93 * 0,98 * 0,27 * 8,5 = 6,59 \text{ kN}$$

Zdivo 3.NP:

$$G_{3,k} = h_{eff3} * l_t * b * \gamma_3 = 2,63 * 0,98 * 0,30 * 6,5 = 5,03 \text{ kN}$$

### 3.2 Užité zátížení

Dle EN1991-1-1 - Kategorie A: plochy pro domácí a obytné činnosti, stropy

$$q_{k,tab} = 1,5 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$q_k = q_{k,tab} * l_t * l_{zat} = 1,5 * 0,98 * 1,143 = 1,68 \text{ kN.m}^{-1}$$

Sněhová oblast II:

$$q_{k,snih,tab} = 1,0 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$q_{k,snih} = q_{k,snih,tab} * l_t * l_{zat} = 1,0 * 1,85 * 3,0 = 5,55 \text{ kN.m}^{-1}$$

### 3.3 Návrhové zatížení

$$\gamma_G = 1,35$$

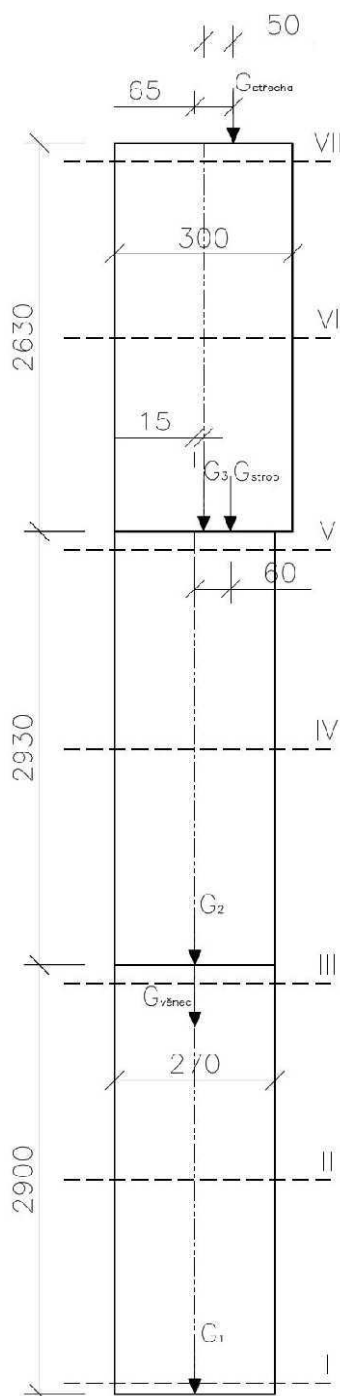
$$\gamma_Q = 1,5$$

$$f_{Ed,strop} = \Sigma g_{k,celk1} * \gamma_G + q_k * \gamma_Q = 3,03 * 1,35 + 1,68 * 1,5 = 6,61 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$f_{Ed,střecha} = \Sigma g_{k,celk2} * \gamma_G + q_{k,snih} * \gamma_Q = 9,30 * 1,35 + 5,55 * 1,5 = 20,88 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$f_{Ed,věnec} = g_{věnec} * \gamma_G = 0,81 * 1,35 = 1,09 \text{ kN.m}^{-1}$$





Obrázek 4 - Schéma řezů a působících sil

$$G_{střecha} = f_{Ed,střecha} * b = 20,88 * 1,0 = 20,88 \text{ kN}$$

$$G_{strop} = f_{Ed,strop} * b = 6,61 * 1,0 = 6,61 \text{ kN}$$

$$G_{věnec} = f_{Ed,věnec} * l_t = 1,09 * 0,98 = 1,07 \text{ kN}$$

$$G_1 = G_{1,k} * \gamma_G = 13,04 * 1,35 = 17,60 \text{ kN}$$

$$G_2 = G_{2,k} * \gamma_G = 6,59 * 1,35 = 8,90 \text{ kN}$$

$$G_3 = G_{3,k} * \gamma_G = 5,03 * 1,35 = 6,79 \text{ kN}$$

#### 4. VÝPOČET

Při výpočtu je uvažován předpoklad rovnoměrného průběhu napětí. Stěna je posuzována v sedmi místech - v patách, hlavách a středech jednotlivých zdí. V hlavě stěny z CPP bylo uvažované stejné namáhání jako v patě stěny z CD. Ten samý předpoklad byl uvažován i na rozmezí hlavy stěny z CD a paty stěny z tvarovek Porotherm.

Vítr ve výpočtu není uvažován, jedná se o řadovou zástavbu a na štítovou stěnu nepůsobí žádná vnější vodorovná síla.

Řez I, v patě zdi z CPP:

$$N_1 = G_1 + G_2 + G_3 + G_{střecha} + G_{strop} + G_{věnec} = 17,6 + 8,9 + 6,79 + 20,88 + 6,61 + 1,07 = 61,85 \text{ kN}$$

$$M_1 = G_1 * e_1 + G_2 * e_2 + G_3 * e_3 + G_{střecha} * e_4 + G_{strop} * e_5 + G_{věnec} * e_6 = 17,6 * 0 + 8,9 * 0 + 6,79 * 0,015 + 20,88 * 0,08 + 6,61 * 0,06 + 1,07 * 0 = 2,17 \text{ kNm}$$

Řez II, uprostřed zdi z CPP:

$$N_2 = \frac{G_1}{2} + G_2 + G_3 + G_{střecha} + G_{strop} + G_{věnec} = \frac{17,6}{2} + 8,9 + 6,79 + 20,88 + 6,61 + 1,07 = 53,05 \text{ kN}$$

$$M_2 = \frac{G_1}{2} * e_1 + G_2 * e_2 + G_3 * e_3 + G_{střecha} * e_4 + G_{strop} * e_5 + G_{věnec} * e_6 = \frac{17,6}{2} * 0 + 8,9 * 0 + 6,79 * 0,015 + 20,88 * 0,08 + 6,61 * 0,06 + 1,07 * 0 = 2,17 \text{ kNm}$$

Řez III, v hlavě zdi z CPP; v patě zdi z CD:

$$N_3 = G_2 + G_3 + G_{střecha} + G_{strop} = 8,9 + 6,79 + 20,88 + 6,61 = 43,18 \text{ kN}$$

$$M_3 = G_2 * e_2 + G_3 * e_3 + G_{střecha} * e_4 + G_{strop} * e_5 = 8,9 * 0 + 6,79 * 0,015 + 20,88 * 0,08 + 6,61 * 0,06 = 2,17 \text{ kNm}$$

Řez IV, uprostřed zdi z CD:

$$N_4 = \frac{G_2}{2} + G_3 + G_{střecha} + G_{strop} = \frac{8,9}{2} + 6,79 + 20,88 + 6,61 = 38,73 \text{ kN}$$

$$M_4 = \frac{G_2}{2} * e_2 + G_3 * e_3 + G_{střecha} * e_4 + G_{strop} * e_5 = \frac{8,9}{2} * 0 + 6,79 * 0,015 + 20,88 * 0,08 + 6,61 * 0,06 = 2,17 \text{ kNm}$$

Řez V, v hlavě zdi z CD; v patě zdi z tvarovek Porotherm:

$$N_5 = G_3 + G_{střecha} + G_{strop} = 6,79 + 20,88 + 6,61 = 34,28 \text{ kN}$$

$$M_{5,CD} = G_3 * e_3 + G_{střecha} * e_4 = 6,79 * 0,015 + 20,88 * 0,08 = 2,17 \text{ kNm}$$

$$M_{5,P} = G_3 * e_3 + G_{střecha} * e_4 = 6,79 * 0 + 20,88 * 0,05 = 1,04 \text{ kNm}$$

Řez VI, uprostřed zdi z tvarovek Porotherm:

$$N_6 = \frac{G_3}{2} + G_{střecha} = \frac{6,79}{2} + 20,88 = 24,28 \text{ kN}$$

$$M_6 = \frac{G_3}{2} * e_3 + G_{střecha} * e_4 = 6,79 * 0 + 20,88 * 0,05 = 1,04 \text{ kNm}$$

Řez VII, v hlavě zdi z tvarovek Porotherm:

$$N_6 = G_{střecha} = 20,88 \text{ kN}$$

$$M_6 = G_{střecha} * e_4 = 20,88 * 0,05 = 1,04 \text{ kNm}$$

## 5. POSOUZENÍ

V hlavě a patě stěny z CPP:

$$N_{Rd} = \Phi_i * b * t * f_d$$

$$\Phi_i = 1 - 2 * \frac{e_i}{t}$$

$$e_i = e_{fi} + e_{init} \geq 0,05t$$

$$e_{fi} = \frac{M_i}{N_i} = \frac{M_1}{N_1} = \frac{2,17}{61,85} = 0,035$$

$$e_{init} = \frac{h_{eff}}{450} = \frac{2,9}{450} = 6,4 \cdot 10^{-3}$$

$$0,05t = 0,05 * 0,27 = 0,0135$$

$$e_1 = e_{f1} + e_{init} = 0,035 + 6,4 \cdot 10^{-3} = 0,0414 \geq 0,05t = 0,0135$$

$$\Phi_1 = 1 - 2 * \frac{e_i}{t} = 1 - 2 * \frac{0,0414}{0,27} = 0,693$$

$$N_{Rd} = \Phi_i * b * t * f_d = 0,693 * 0,98 * 0,27 * 2,39 * 10^3 = 438,25 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 438,25 \text{ kN} \geq N_1 = 61,85 \text{ kN} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

Uprostřed stěny z CPP:

$$N_{Rd} = \Phi_m * b * t * f_d$$

$$\Phi_m = A_i * e^{-\frac{u^2}{2}}$$

$$A_i = 1 - 2 * \frac{e_{mk}}{t}$$

$$\lambda = \frac{h_{eff}}{t_{eff}} * \sqrt{\frac{f_k}{E}}$$

$$E = 1000 * f_k = 1000 * 4,79 = 4790$$

$$\lambda = \frac{h_{eff}}{t_{eff}} * \sqrt{\frac{f_k}{E}} = \frac{2,9}{0,27} * \sqrt{\frac{4,79}{4790}} = 0,34$$

$$e_{mk} = e_m + e_k = e_{fm} + e_{init} = \frac{M_m}{N_m} + \frac{h_{eff}}{450} = \frac{2,17}{53,05} + \frac{2,9}{450} = 0,047$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{e_{mk}}{t}} = \frac{0,34 - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{0,047}{0,27}} = 0,53$$

$$A_2 = 1 - 2 * \frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2 * \frac{0,047}{0,27} = 0,65$$

$$\Phi_m = A_i * e^{-\frac{u^2}{2}} = 0,65 * e^{-\frac{0,53^2}{2}} = 0,565$$

$$N_{Rd} = \Phi_m * b * t * f_d = 0,565 * 0,98 * 0,27 * 2,39 * 10^3 = 357,19 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 357,19 \text{ kN} \geq N_2 = 53,05 \text{ kN} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

**V hlavě a patě stěny z CD:**

$$e_{f3} = \frac{M_3}{N_3} = \frac{2,17}{43,18} = 0,050$$

$$e_{init} = \frac{h_{eff}}{450} = \frac{2,93}{450} = 6,51 \cdot 10^{-3}$$

$$0,05t = 0,05 * 0,27 = 0,0135$$

$$e_3 = e_{f3} + e_{init} = 0,050 + 6,51 \cdot 10^{-3} = 0,0565 \geq 0,05t = 0,0135$$

$$\Phi_3 = 1 - 2 * \frac{e_3}{t} = 1 - 2 * \frac{0,0565}{0,27} = 0,581$$

$$N_{Rd} = \Phi_3 * b * t * f_d = 0,581 * 0,98 * 0,27 * 0,41 * 10^3 = 63,03 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 63,03 \text{ kN} \geq N_3 = 43,18 \text{ kN} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

#### Uprostřed stěny z CD:

$$E = 1000 * f_k = 1000 * 0,89 = 890$$

$$\lambda = \frac{h_{eff}}{t_{eff}} * \sqrt{\frac{f_k}{E}} = \frac{2,93}{0,27} * \sqrt{\frac{0,89}{890}} = 0,343$$

$$e_{mk} = e_m + e_k = e_{fm} + e_{init} = \frac{M_m}{N_m} + \frac{h_{eff}}{450} = \frac{2,17}{38,73} + \frac{2,93}{450} = 0,0625$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{e_{mk}}{t}} = \frac{0,343 - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{0,0625}{0,27}} = 0,61$$

$$A_4 = 1 - 2 * \frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2 * \frac{0,0625}{0,27} = 0,54$$

$$\Phi_m = A_4 * e^{-\frac{u^2}{2}} = 0,54 * e^{-\frac{0,61^2}{2}} = 0,448$$

$$N_{Rd} = \Phi_m * b * t * f_d = 0,448 * 0,98 * 0,27 * 0,41 * 10^3 = 48,60 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 48,60 \text{ kN} \geq N_4 = 38,73 \text{ kN} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

#### V hlavě a patě stěny z tvárnic Porotherm:

$$e_{f5} = \frac{M_5}{N_5} = \frac{1,04}{34,28} = 0,030$$

$$e_{init} = \frac{h_{eff}}{450} = \frac{2,63}{450} = 5,84 \cdot 10^{-3}$$

$$0,05t = 0,05 * 0,30 = 0,015$$

$$e_5 = e_{f5} + e_{init} = 0,030 + 5,84 \cdot 10^{-3} = 0,0358 \geq 0,05t = 0,015$$



$$\Phi_5 = 1 - 2 * \frac{e_5}{t} = 1 - 2 * \frac{0,0358}{0,30} = 0,761$$

$$N_{Rd} = \Phi_5 * b * t * f_d = 0,761 * 0,98 * 0,30 * 1,76 * 10^3 = 393,77 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 393,77 \text{ kN} \geq N_5 = 34,28 \text{ kN} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

**Uprostřed stěny z tvárnic Porotherm:**

$$E = 1000 * f_k = 1000 * 3,52 = 3520$$

$$\lambda = \frac{h_{eff}}{t_{eff}} * \sqrt{\frac{f_k}{E}} = \frac{2,63}{0,30} * \sqrt{\frac{3,52}{3520}} = 0,277$$

$$e_{mk} = e_m + e_k = e_{fm} + e_{init} = \frac{M_m}{N_m} + \frac{h_{eff}}{450} = \frac{1,04}{24,28} + \frac{2,63}{450} = 0,0487$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{e_{mk}}{t}} = \frac{0,277 - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{0,0487}{0,30}} = 0,396$$

$$A_6 = 1 - 2 * \frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2 * \frac{0,0487}{0,30} = 0,675$$

$$\Phi_m = A_6 * e^{-\frac{u^2}{2}} = 0,675 * e^{-\frac{0,396^2}{2}} = 0,624$$

$$N_{Rd} = \Phi_m * b * t * f_d = 0,624 * 0,98 * 0,30 * 1,76 * 10^3 = 322,88 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 322,88 \text{ kN} \geq N_6 = 24,28 \text{ kN} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

## 6. ZÁVĚR

Posouzení štítové nosné stěny na tlakové namáhání vyhovělo ve všech uvedených řezech. V případě stěny z cihel plných pálených a nové stěny v 3.NP to bylo s velikou rezervou.

Stěna 1.NP z CPP:

$$\text{V hlavě a patě: } \frac{N_{Rd}}{N_1} = \frac{438,25}{61,85} = 7,09 > 1,0$$

$$\text{Uprostřed: } \frac{N_{Rd}}{N_2} = \frac{357,19}{53,05} = 6,73 > 1,0$$

Stěna 2.NP z CD:

$$\text{V hlavě a patě: } \frac{N_{Rd}}{N_3} = \frac{63,03}{43,18} = 1,46 > 1,0$$

$$\text{Uprostřed: } \frac{N_{Rd}}{N_4} = \frac{48,60}{38,73} = 1,25 > 1,0$$

Stěna 2.NP z tvárnic Porotherm:

$$\text{V hlavě a patě: } \frac{N_{Rd}}{N_5} = \frac{393,77}{34,28} = 11,49 > 1,0$$

$$\text{Uprostřed: } \frac{N_{Rd}}{N_6} = \frac{322,88}{24,28} = 13,30 > 1,0$$

## 10. ZÁVĚR

Provedené hodnocení rodinného domu v Brně Líšni bylo realizováno v součinnosti s praxí. Některé původní úkoly a body průzkumu se v průběhu rekonstrukce měnili díky požadavkům investora, architekta a statika. Největším přínosem pro autora této práce však bylo reálné poznání průběhu stavebně technického průzkumu starší konstrukce. Při návrhu statického zajištění a realizace přestavby hrála velkou roli okolní řadová zástavba, které se musí podřídit celý půdorysný tvar objektu. Staticky nejvýhodnější řešení bylo mnohdy v rozporu s architektonickým návrhem, ekonomickou stránkou realizace a představami investora. Rozmanitost materiálů a konstrukčních prvků použitých v předmětném objektu vyžaduje rozsáhlé všeobecné znalosti, které se jako studenti fakulty stavební snažíme získat. Účelný postup hodnocení, vystihnoutí kritických míst a správné vyhodnocení naměřených a spočítaných hodnot ovšem vyžaduje mnoho let praxe a nikdy nekončící chuť vědět více.

V Brně dne .....

.....

podpis autora

## 11. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HOBST, Leonard, ADÁMEK, Jiří, CIKRLÉ, Petr a SCHMID, Pavel (2005). *Diagnostika stavebních konstrukcí*. Brno.
- [2] ŽÍDEK, Libor, HURTA, Jan. *Diagnostika zděných konstrukcí*. Ostrava.  
Dostupné z: [https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/7\\_diagnostika\\_zdenych\\_konstrukci.pdf](https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/7_diagnostika_zdenych_konstrukci.pdf)
- [3] CIKRLÉ, Petr. *Prezentace elektroakustické metody I. - ultrazvuk*.
- [4] BAS, Rudice s.r.o. *Rentgenové spektrometry - ED-XRF*.  
Dostupné z: <http://www.bas.cz/rentgenove-spektrometry/xrf-rentgenove-spektrometry.php>
- [5] SCHMID, Pavel. *Zkušebnictví a technologie, modul BI02-M02*. Brno. Elektronické studijní opory.
- [6] CHROMÁ, Markéta. (2012) *Studium a modelování karbonatace betonu*. Brno.  
Dostupné z:  
[https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=47248](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=47248)
- [7] POLTAVEC, Ivan. (2012) *Zdění z kamene*. Dostupné z: <http://www.chatar-chalupar.cz/zdeni-z-kamene/>

## Zdroje použitých obrázků a fotografií:

- [Obr. 1] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí: hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2005. Příloha B, str. 19.
- [Obr. 2] <http://media1.webgarden.name/images/media1:4bed7f1b0d4bd.jpg/DSC00079.JPG>
- [Obr. 3] <http://www.zedastet.cz/cz/materialy.php/25-piskovec-bzova.html>
- [Obr. 4] <http://images52.fotosik.pl/596/179734bf01df2b21.jpg>
- [Obr. 5] [http://hadec.rajce.idnes.cz/Prehrada\\_Les\\_Kralovstvi?order=create&src=1](http://hadec.rajce.idnes.cz/Prehrada_Les_Kralovstvi?order=create&src=1)
- [Obr. 6] <http://cs.archi-club.net/graphics/articles/70/images/width-400max/stavebni-materialy-v-praxi-487.jpg>
- [Obr. 7] <http://www.stavebninydostal.cz/userFiles/akcni-nabidka/ytong.jpg>
- [Obr. 8] <http://www.stavomarket.cz/underwood/download/images/ztracene-bedneni-20-30-prubezna-tvarnice.jpg>
- [Obr. 9] <http://homebydleni.cz/wp-content/uploads/2014/12/03BAAR.jpg>
- [Obr. 10] [http://www.stavomarket.cz/runtime/cache/images/attachedProductsDetail/1908w\\_p1.jpg](http://www.stavomarket.cz/runtime/cache/images/attachedProductsDetail/1908w_p1.jpg)
- [Obr. 11] <http://www.ru.all.biz/img/ru/catalog/middle/1638745.jpeg?rrr=1>
- [Obr. 12] <http://www.venkovskydum.cz/zdeni-svepomoci/>
- [Obr. 13] [http://www.olympus-ims.com/sv/sonic1200m/#!cms\[tab\]=%2Fsonic1200m%2Fpdf](http://www.olympus-ims.com/sv/sonic1200m/#!cms[tab]=%2Fsonic1200m%2Fpdf)
- [Obr. 14] [http://www.epc.com.hk/product\\_en\\_1983.html](http://www.epc.com.hk/product_en_1983.html)
- [Obr. 15] CIKRLE, Petr. *Elektroakustické metody I. - ultrazvuk*.
- [Obr. 16] [http://www.e-chembook.eu/cz/images/Periodicke\\_tabulky/ceska04.jpg](http://www.e-chembook.eu/cz/images/Periodicke_tabulky/ceska04.jpg)
- [Obr. 17] <http://www.bas.cz/rentgenove-spektrometry/xrf-rentgenove-spektrometry.php>
- [Obr. 18] <http://www.bas.cz/rentgenove-spektrometry/xrf-rentgenove-spektrometry.php>
- [Obr. 19] [http://ww1.prweb.com/prfiles/2012/10/16/12568388/Rigaku\\_nex.qc%20%20EDXRF.jpg](http://ww1.prweb.com/prfiles/2012/10/16/12568388/Rigaku_nex.qc%20%20EDXRF.jpg)



- [Obr. 20] <https://www.hilti.cz/diamantov%C3%A9-vrt%C3%A1n%C3%AD-a-%C5%99ez%C3%A1n%C3%AD/diamantov%C3%A9-j%C3%A1drov%C3%A9-vrtac%C3%AD-stroje/r3677#gallery>
- [Obr. 21] <http://media0.webgarden.name/images/media0:5075def9a5983.jpg/diamantovekorunky-korunky-jadrove-vrtani.jpg>
- [Obr. 22] <http://www.institutkvality.sk/images/16.jpg>
- [Obr. 23] <http://civildigital.com/carbonation-concrete-various-failure-mechanisms-concrete/>
- [Obr. 24] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [Obr. 25] ČSN P ENV 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí
- [Obr. 27] [http://www.humboldtmg.com/product-images/H-2975LM\\_lg.jpg](http://www.humboldtmg.com/product-images/H-2975LM_lg.jpg)
- [Obr. 28] <http://www.proinex.cz/images/stories/mereni-kvality-betonu/proceq/schmidtovo-kladivko-proceq-typeLB.jpg>
- [Obr. 30] HOBST, Leonard, ADÁMEK, Jiří, CIKRLÉ, Petr a SCHMID, Pavel (2005). *Diagnostika stavebních konstrukcí*. Brno. str. 49
- [Obr. 31] <http://nahliznidokn.cuzk.cz>
- [Obr. 32] <http://mapy.cz>
- [Obr. 33] <https://www.google.cz/maps>
- [Obr. 34] <https://www.google.cz/maps>
- [Obr. 37] [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=590373&x=1160711&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=590373&x=1160711&s=1)
- [Obr. 38] [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=radon&y=590373&x=1160711&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=radon&y=590373&x=1160711&s=1)
- [Obr. 39] [http://www.geology.cz/app/gdo/d.php?item=3&l=&WHR\\_=A.KLIC\\_GDO+%26eq%3B+%27453958%27+and+F.KOD+%26eq%3B+%27VV%27&ORD\\_=&OD\\_=1&CUR\\_=&ID=453958&tt\\_=d&TAB\\_=VRTY](http://www.geology.cz/app/gdo/d.php?item=3&l=&WHR_=A.KLIC_GDO+%26eq%3B+%27453958%27+and+F.KOD+%26eq%3B+%27VV%27&ORD_=&OD_=1&CUR_=&ID=453958&tt_=d&TAB_=VRTY)
- [Obr. 54] <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FAST/PS2/stropni-konstrukce.html>

### Normy a předpisy:

[N1] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí: hodnocení existujících konstrukcí.*

Praha: Český normalizační institut, 2005.

[N2] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.*

Praha: Český normalizační institut, 2009.

### Další literatura:

- CIKRLE, Petr, AMBROSOVÁ, Věra, HAVLÍKOVÁ, Duňa. (1997) *Zkoušení stavebních materiálů*. Brno
- KOŠATKA, Pavel, LORENZ, Karel, VAŠKOVÁ, Jitka. (2010) *Zděné konstrukce 1*. Praha
- KOTLÍK, Petr a kolektiv. (2007) *Stavební materiály historických objektů*. Praha
- PUME, Dimitrij, ČERMÁK, František. (1993) *Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí*. Praha.

## 12. SEZNAM OBRÁZKŮ A FOTOGRAFIÍ

Obr. 1 - Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí .....	12
Obr. 2 - Zdivo z lomového kamene .....	14
Obr. 3 - Kopákové (řádkové) zdivo .....	14
Obr. 4 - Zdivo z kvádrového kamene .....	14
Obr. 5 - Kyklopské zdivo .....	14
Obr. 6 - Pálená cihla .....	15
Obr. 7 - Betonová tvárnice .....	15
Obr. 8 - Pórobetonová tvárnice .....	15
Obr. 9 - Cihelný blok .....	15
Obr. 10 - Skleněná tvárnice .....	15
Obr. 11 - Tvárnice z expandovaného jílu .....	15
Obr. 12 - Vazba zdiva (běhounová, polokřížová a křížová) .....	17
Obr. 13 - Ultrazvuk Sonic 1200M, Olympus NDT .....	20
Obr. 14 - Ultrazvuk TICO, Proceq .....	20
Obr. 15 - Prozvučování dvěma sondami (přímé, polopřímé a nepřímé) .....	21
Obr. 16 - Periodická soustava prvků .....	23
Obr. 17 - Stolní spektrometr NEX QC +, RIGAKU .....	24
Obr. 18 - Ruční spektrometr DELTA, BAS Rudice s.r.o. ....	24
Obr. 19 - Diamantové jádrové vrtací korunky .....	25
Obr. 20 - Jádrový vrtací stroj, Hilti .....	25
Obr. 21 - Jádrový vývrt .....	26
Obr. 22 - Karbonatace betonu .....	26
Obr. 23 - Vyhovující způsoby porušení .....	27
Obr. 24 - Pevnost v tlaku celé cihly .....	28
Obr. 25 - Součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků $\delta$ .....	29
Obr. 26 - Odběr vzorku zdiva o průměru 75 mm jádrovým vrtáním .....	29
Obr. 27 - Schmidtovo kladívko Proceq typ L .....	30
Obr. 28 - Schmidtovo kladívko Proceq typ LB .....	30
Obr. 29 - Princip metody válcového indentoru .....	31
Obr. 30 - Kučerova ruční vrtačka a elektrická vrtačka pro zkoušky pevnosti malty ve spárách .....	32
Obr. 31 - Situace umístění parcely č. 3456 v k. ú. Líšeň .....	33
Obr. 32 - Lokalizace objektu na mapě .....	34
Obr. 33 - Jižní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2007 .....	35
Obr. 34 - Jihozápadní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2007 .....	36
Obr. 35 - Jihovýchodní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2015 .....	36
Obr. 36 - Severozápadní pohled na dům č.p. 1547/178, rok 2015 .....	37
Obr. 37 - Geologická mapa 1:50 000 .....	38
Obr. 38 - Orientační mapa radonového indexu podloží 1:50 000 .....	38
Obr. 39 - Lokalizace vrtu na mapě .....	39
Obr. 40 - Umístění kopaných sond v konstrukci .....	40
Obr. 41 - Kopaná sonda KS1 .....	41
Obr. 42 - Kopaná sonda KS2 .....	42
Obr. 43 - Vazba štítového zdiva v 1.NP, místo odebrání vzorků pro laboratorní zkoušky .....	43
Obr. 44 - Obvodové zdivo v 1. NP, místo odebrání vzorků pro laboratorní zkoušky .....	44
Obr. 45 - Vnitřní nosné zdivo v 2. NP, místo odebrání vzorků pro laboratorní zkoušky .....	45
Obr. 46 - Zkušební vzorky cihel .....	46
Obr. 47 - Zkušební lis s rychlostí lisování 10mm/min .....	48

Obr. 48 - Příklady porušení podélně děrované cihly .....	48
Obr. 49 - Příklady porušení cihly plné pálené .....	48
Obr. 50 - Zkušební vzorky malty odebrané z ložných spár .....	49
Obr. 51 - Zkušební pastička s dosedací plochou 20 x 20 mm.....	49
Obr. 52 - Sekaná sonda do stropní konstrukce nad 1.NP .....	51
Obr. 53 - Sekaná sonda do stropní konstrukce nad 2.NP, plíseň na omítce.....	52
Obr. 54 - Skladba trámového stropu nad 1.NP .....	52
Obr. 55 - Sekaná sonda do stropní konstrukce nad 2.NP .....	53
Obr. 56 - Rozměry kolejnic vynášející příčku v 2.NP [mm] .....	54
Obr. 57 - Označení kolejnice v 2.NP .....	54
Obr. 58 - Akustická trasovací metoda.....	55
Obr. 59 - Provádění ultrazvukového měření rozměrů kolejnice.....	55
Obr. 60 - Zjišťování chemického složení oceli pomocí ručního spektrometru .....	56
Obr. 61 - Zobrazení chemického složení a zatřídění materiálu.....	57
Obr. 62 - Opěrná stěna, umístění jádrového vývrtu.....	58
Obr. 63 - Makroskopická struktura vývrtu .....	59
Obr. 64 - Jádrový vývrt délky 700 mm .....	59
Obr. 65 - Provádění jádrového vývrtu na opěrné stěně.....	59
Obr. 66 - Zkušební těleso pro stanovení pevnosti v tlaku .....	60
Obr. 67 - Drcení zkušební tělesa .....	60
Obr. 68 - Stabilita svahu odkopu sousedního RD .....	64

## SEZNAM PŘÍLOH

### P1. Tabulky s hodnotami laboratorních zkoušek

P1.1	Pevnost cihel
P1.2	Pevnost malty
P1.3	Charakteristická pevnost zdiva
P1.4	Pevnost betonu





### P2. Výkresová dokumentace

P2.1	Půdorys stávající stav, 1. NP
P2.2	Půdorys nový stav, 1. NP
P2.3	Půdorys stávající stav, 2. NP
P2.4	Půdorys nový stav, 2. NP
P2.5	Půdorys nový stav, 3. NP
P2.6	Řez stávající stav
P2.7	Řez nový stav
P2.8	Pohled jižní
P2.9	Pohled severní
P2.10	Základové konstrukce stávající stav
P2.11	Základové konstrukce nový stav
P2.12	Stropní konstrukce, 1. NP
P2.13	Stropní konstrukce, 2. NP





## P1. Tabulky s hodnotami laboratorních zkoušek


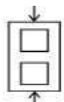
### P1.1 Pevnost cihel

Pevnost cihel - zkoušení kusových stavů v hydraulickém lisu												
PODLAŽÍ	ZKUŠEBNÍ MÍSTO	VZOREK	SMĚR ZKOUŠENÍ	ROZMĚRY [mm]			HMOTNOST [g]	F <sub>max</sub> [kN]	OBJEMOVÁ HMOTNOST [kg.m <sup>-3</sup> ]		PEVNOST V TLAKU [MPa]	
				DĚLKA	ŠÍŘKA	VÝŠKA			jednotlivá	průměrná	jednotlivá	průměrná
1.NP	Z1 - obvodová stěna	1.1		301	142	71	4962	1453	1642	1668	34.0	37.16
		1.2		297	141	69	4931	1312	1710		31.2	
		1.3		298	141	66	4770	1475	1717		35.2	
		1.4		299	143	66	4685	2070	1647		48.2	
	Z2 - štítová nosná stěna	2.1		300	142	66	4740	1765	1691		41.5	37.37
		2.2		301	139	71	4930	1390	1661		33.2	
		2.3		298	141	70	4913	376	1675		18.1	
		2.4		299	140	71	4782	418	1603		19.6	
2.NP	Z3 - štítová nosná stěna	3.1		293	129	71	2230	160	829	843	4.2	3.47
		3.2		277	133	64	2070	100	869		2.7	
		3.3		282	136	69	2211	37	840		1.9	
		3.4		286	134	69	2172	39	824		2.0	
	Z4 - vnitřní nosná stěna	4.1		295	133	68	2168	153	812		3.9	3.56
		4.2		281	135	65	2113	121	856		3.2	
		4.3		285	135	68	2198	48	844		2.5	
		4.4		287	136	67	2271	42	872		2.2	

Tabulka 1 - Výsledky a vyhodnocení laboratorních zkoušek kusových stavů

Směr zkoušení:	Objemová hmotnost:		Pevnost v tlaku:	
	průměr:	1668		37.3
	minimum:	1603		31.2
	maximum:	1717		48.2
	výb. sm. odchylka:	38.06		6.43
	var. koeficient:	2.28		17.24
	normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$ :			27.95
	průměr:	1668		18.9
	minimum:	1603		18.1
	maximum:	1717		19.6
	výb. sm. odchylka:	38.06		1.05
	var. koeficient:	2.28		5.56
	normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$ :			22.84
			$\emptyset f_b =$	25.4
			Označení ČSN EN 771-1:	<b>CP-22</b>

Tabulka 2 - Výsledky a vyhodnocení zkoušek cihel plných pálených odebraných v 1.NP

Směr zkoušení:	Objemová hmotnost:		Pevnost v tlaku:	
	průměr:	843		3.5
	minimum:	812		2.7
	maximum:	872		4.2
	výb. sm. odchylka:	21.46		0.69
	var. koeficient:	2.54		19.71
	normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$ :			2.64
	průměr:	843		2.1
	minimum:	812		1.9
	maximum:	872		2.5
	výb. sm. odchylka:	21.46		0.27
	var. koeficient:	2.54		12.42
	normalizovaná pevnost v tlaku $f_b$ :			2.58
			$\emptyset f_b =$	2.6
			Označení ČSN EN 771-1:	<b>CD-2</b>

Tabulka 3 - Výsledky a vyhodnocení zkoušek děrovaných cihel odebraných v 2.NP

P1.2 Pevnost malty

Pevnost malty - zkoušení kusových staviv v hydraulickém lisu									
PODLAŽÍ	ZKUŠEBNÍ MÍSTO	VZOREK	ROZMĚRY [mm]			F <sub>max</sub> [kN]	PEVNOST V TLAKU [MPa]		
			DĚLKA	ŠÍŘKA	VÝŠKA		jednotlivá	průměrná	
1.NP	Z1 - obvodová stěna	M1.1	20	20	15	0.51	1.3	1.11	
		M1.2	20	20	15	0.59	1.5		
		M1.3	20	20	15	0.55	1.4		
	Z2 - štítová nosná stěna	M2.1	20	20	15	0.45	1.1		
		M2.2	20	20	15	0.48	1.2		
		M2.3	20	20	15	0.65	1.6		
2.NP	Z3 - štítová nosná stěna	M3.1	20	20	15	0.39	1.0		
		M3.2	20	20	15	0.32	0.8		
		M3.3	20	20	15	0.37	0.9		
	Z4 - vnitřní nosná stěna	M4.1	20	20	15	0.34	0.9		
		M4.2	20	20	15	0.32	0.8		
		M4.3	20	20	15	0.37	0.9		
							průměr:	1.1	
							minimum:	0.8	
							maximum:	1.6	
							výb. sm. odchylka:	0.28	
							var. koeficient:	25.00	
							normalizovaná pevnost v tlaku fb:	1.1	
							označení ČSN EN 998-2:	M1	

Tabulka 4 - Výsledky a vyhodnocení zkoušek malty z ložných spár

### P1.3 Charakteristická pevnost zdiva

POPIS ZDIVA	PEVNOST V TLAKU KUSOVÝCH STAVIV					CHARAKTERISTICKÁ PEVNOST ZDIVA				NÁVRHOVÁ PEVNOST ZDIVA (ČSN 73 0038)				
	MALTA	PEVNOST MALTY	KUSOVÉ STAVIVO	PEVNOST CHEL	DRUH ZDIVA	TL. SPAR. DRUH MALTY	DRUH MALTY	$f_k$ [MPa]	SOUČINITEL SPOLEHLIVOSTI	SOUČINITEL VLAHČOSTI ZDIVA	SOUČINITEL POŠKOZENÍ TRHLINAMI	$f_d$ [MPa]		
	ČSN EN 998-2	$f_m$ [MPa]	ČSN EN 771-1	$f_h$ [MPa]	K	$\alpha$	$\beta$	[MPa]		$\gamma_{m2}$	$\gamma_{m4}$			
1	M1	1.0	CP - 22	22.0	0.55	0.7	0.3	4.79	2.00	1.00	1.00	2.39	2.39	2.39
2	M1	1.0	CP - 22	22.0	0.55	0.7	0.3	4.79	2.00	1.00	1.00	2.39	2.39	2.39
3	M1	1.0	CD - 2	2.0	0.55	0.7	0.3	0.89	2.00	1.10	1.00	0.41	0.41	0.41
4	M1	1.0	CD - 2	2.0	0.55	0.7	0.3	0.89	2.00	1.10	1.00	0.41	0.41	0.41

Poznámky k tabulce:

1) Popis zdiva:

- 1) ..... obvodové nosné zdivo 1.NP, zdivo bez poškození trhlínami, vlhkost zdiva do 4%
- 2) ..... štitové nosné zdivo 1.NP, zdivo bez poškození trhlínami, vlhkost zdiva do 4%
- 3) ..... štitové nosné zdivo 2.NP, zdivo bez poškození trhlínami, vlhkost zdiva do 4%
- 4) ..... vnitřní nosné zdivo 2.NP, zdivo bez poškození trhlínami, vlhkost zdiva do 4%

2) Charakteristická pevnost zdiva určena dle čl. 9.4.1 ČSN 73 0038:

$$f_k = K \cdot f_m^\alpha \cdot f_n^\beta$$

3) Návrhová pevnost zdiva určena dle čl. 9.4.2 ČSN 73 0038:

$$f_d = f_k \cdot (\gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4})$$

Tabulka 5 - Výpočtová pevnost zdiva

P1.4 Pevnost betonu

Pevnost betonu - zkoušení jádrového vývrtu v hydraulickém lisu							
ZKUŠEBNÍ VZOREK	PRŮMĚR VÝVRTU [mm]	VÝŠKA VÁLCE [mm]	HMOTNOST [g]	OBJEMOVÁ HM. [kg.m <sup>-3</sup> ]	MAX. SÍLA V TLAKU [kN]	PEVNOST V TLAKU [MPa]	Ø PEVNOST V TLAKU [MPa]
J1	103	102	1814	2122.2	132.8	15.81	15.34
J2	104	101	1872	2202.9	125.3	14.87	
						průměr:	15.3
						minimum:	14.9
						maximum:	15.8
						výb. sm. odchylka:	0.66
						var. koeficient:	4.31
						krychelná pevnost $f_{c,cube}$ :	15
						Odhadovaná pevnostní třída:	<b>C8/10</b>

Tabulka 6 - Výsledky a vyhodnocení zkoušek jádrových vývrtů